

MINISTERIO DE LA AGRICULTURA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRO-FORESTALES

PROPUESTA A PREMIO NACIONAL ACADEMIA

*“EL SECTOR FORESTAL CUBANO Y EL  
CAMBIO CLIMÁTICO”*

AGOSTO 2013

# *PRESENTACIÓN*

## EL SECTOR FORESTAL CUBANO Y EL CAMBIO CLIMATICO

**UNIDAD EJECUTORA PRINCIPAL:** Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

**AUTORES PRINCIPALES:** Dr. Arnaldo Álvarez Brito y Dra. Alicia Mercadet Portillo

### Otros autores

Dra. Osiris Ortiz<sup>1</sup>, Dra. Elsa Cordero<sup>1</sup>, Dra. Orlidia Hechavarría<sup>1</sup>, Dra. Teresa Suárez<sup>1</sup>, Dr. Antonio Escarré<sup>2</sup>, Dr. René López<sup>1</sup>, M.Sc. Liliana Caballero<sup>1</sup>, M.Sc. Yolanis Rodríguez<sup>1</sup>, M.Sc. José L. Rodríguez<sup>3</sup>, M.Sc. Andrés Hernández<sup>1</sup>, Ing. Arlety Ajete<sup>1</sup>, Ing. Leufrido Yero<sup>1</sup>, Ing. Yunior Álvarez<sup>1</sup>, Ing. Arsenio Renda<sup>1</sup>.

**Filiación:** <sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Cuba

<sup>2</sup> Universidad de Alicante, España

<sup>3</sup> Universidad de Granma, Cuba

**Colaboradores científicos:** 27

## RESUMEN

Partiendo de la situación ambiental global generada por el cambio climático y de la incidencia en particular que tienen los impactos en los pequeños estados insulares, se inician en el año 2000 los estudios mediante proyectos de investigación-desarrollo, referidos a la evaluación del impacto de la variación de la temperatura ambiental, del régimen de precipitaciones y del aumento del nivel medio del mar en el sector forestal cubano, así como la valoración del potencial de retención de carbono por los bosques. Se reportan los resultados alcanzados, entre otros, por los Proyectos 11.69 “Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Subsector Forestal”, del Programa Ramal “Recursos Naturales” (2007-2010) y “El cambio climático y el Sector Forestal Cubano: Tercera Aproximación”, del Programa Nacional de CITMA “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano” (2007-2011). Se obtuvieron 14 resultados, de ellos nueve constituyen aportes al conocimiento científico; 19 publicaciones en revistas científicas, se publicó un libro y se participó en la publicación de otros seis libros relacionados con el cambio climático, en todo lo cual se reportan los siguientes resultados: evaluación de impactos y formulación de las estrategias de adaptación para nueve empresas forestales y un área protegida por aumento del nivel medio del mar y de la temperatura; impactos esperables sobre los bosques naturales debidos al aumento de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>; ampliación de la base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de 64 especies forestales arbóreas cubanas; estimación de la capacidad sumidero de los bosques cubanos en los años 1990-2002; reanálisis de la vulnerabilidad de los bosques naturales del país al cambio climático; definición de una metodología para la estimación del carbono retenido por las empresas forestales y puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR; modelación de las variaciones del ciclo de retención de carbono en plantaciones de pino macho con diferentes objetivos productivos; organización del sistema nacional de planificación, monitoreo y evaluación de la retención de carbono por las empresas forestales del MINAG; estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies; evaluación de las vulnerabilidades de los bosques a las principales plagas forestales cubanas bajo los efectos del cambio climático; valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono; identificación del contenido de carbono en cuatro tipo de suelos existentes en el patrimonio forestal nacional. Se concluye que los elementos presentados sientan las bases científico-técnicas necesarias para que el Sector Forestal del Minag acometa, en el marco del Programa Forestal hasta el 2020, la formulación e implementación del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático, en cumplimiento de las indicaciones emitidas al respecto por el Consejo de Ministros.

*A P O R T E*  
*C I E N T Í F I C O*  
*P O R* *A U T O R*

### **Aporte científico de los autores:**

**1. Arnaldo Álvarez Brito.**

Líder del Proyecto 11.69 (Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Subsector Forestal, Programa Ramal Recursos Naturales), el cual se ejecutó del 2007 al 2011 y fue aprobado el informe final en el Comité de Expertos correspondiente.

Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales.

Es autor principal de varias publicaciones y autor principal del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Autor de dos resultados para la investigación y coautor de otro. Autor de tres Introducciones directa y coautor de otras tres. Ha impartido cursos de post-grado sobre la temática. Tutor de dos Tesis de Doctorado.

Estimado cuantitativo del aporte: 8 %

**2. Alicia Mercadet Portillo.**

Líder del proyecto 013.09 192 (El cambio climático y el Sector Forestal Cubano: Tercera Aproximación, del Programa Nacional de CITMA “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano”), el cual se ejecutó del 2007 al 2010 y fue aprobado el informe final por el Comité de Expertos correspondiente.

Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales.

Es autor principal de varias publicaciones y autor principal del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Autor de un resultado para la investigación y coautor de dos. Coautora de cinco introducciones directa. Ha impartido cursos de post-grado sobre la temática, así como talleres con finqueros y en dos Empresas Forestales Integrales. Tutora de dos Tesis de Maestría y una Tesis de Doctorado.

Estimado cuantitativo del aporte: 8 %

**3. Osiris Ortiz**

La Tesis de Doctorado constituyó uno de los resultados del Proyecto 11.69, referido a la evaluación del impacto por aumento del nivel del mar en el patrimonio forestal de la EFI Victoria de Girón en Ciénaga de Zapata, el incremento de CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis en 14 especies, y la estimación del carbono retenido por los bosques de la EFI. Además participó en la ejecución de los Subproyectos “Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies” y “Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país” en el marco del Proyecto 013.09192. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautora de dos resultados para la investigación. Autora de una introducción directa. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. Ha impartido talleres con finqueros y en la Empresa Forestal Integral “Victoria de Girón”.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

**4. Arlety Ajete.**

Fue responsable del subproyecto “Definición de las vulnerabilidades al cambio climático y del potencial de retención de carbono por los bosques de las EFI, Baracoa y Guantánamo” en el marco del Proyecto 013-09192. Uno de los resultados es la Tesis de Doctorado, la cual está en fase de defensa en la Universidad de Pinar del Río. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

**5. Yolanis Rodríguez.**

Participó en la ejecución del subproyecto “Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país” en el marco del proyecto 013.09192 y dentro de este tema se le asignó además la determinación del contenido de carbono en los suelos forestales, partiendo de los estudios de suelo realizados anteriormente por el INAF. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

6. **Elsa Cordero.**

Fue responsable del Subproyecto “Definición las vulnerabilidades de los bosques de la EFI Mayabeque al cambio climático” en el marco del proyecto 013.09192. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Autora de una introducción directa. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

7. **Orlidia Hechavarría.**

La Tesis de Doctorado estuvo referida a la evaluación del impacto de la variación de la temperatura ambiental en la fenología de tres especies arbóreas en Tope de Collantes, constituyó uno de los resultados del Proyecto 11.69. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6%

8. **René López.**

Fue responsable del subproyecto “Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de las principales plagas forestales cubanas” en el marco del Proyecto 013.09192. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

9. **Liliana Caballero.**

Realizó la evaluación del impacto por aumento del nivel medio del mar y la estimación de la retención de carbono en la Empresa Forestal Integral “Villa Clara” en el marco del proyecto 11.69. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

10. **Leufrido Yero.**

Participó en la ejecución de los subproyectos “Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país” y “Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies” en el marco del Proyecto 013.09192. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

11. **Yunior Álvarez.**

Realizó la evaluación del impacto por aumento del nivel medio del mar en el Delta del Cauto, siendo uno de los resultados del proyecto 11.69. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

12. **Arsenio Renda.**

Participó en la ejecución del subproyecto “Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país” en el marco del proyecto 013.09192 y dentro de este tema se le asignó además la determinación del contenido de carbono en los suelos forestales, partiendo de los estudios de suelo realizados anteriormente por el INAF. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

**13. José L. Rodríguez.**

La Tesis de Maestría estuvo referida a la evaluación de la retención de carbono por el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral “La Palma”, formando parte de uno de los resultados del proyecto 11.69. Ha presentado los resultados en varios eventos nacionales e internacionales. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

**14. Teresa Suárez.**

La Tesis de Doctorado incluyó una parte referida a la retención de carbono en la subcuenca evaluada. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

**15. Andrés Hernández.**

Participó en la evaluación del impacto por aumento del nivel medio del mar y la estimación de la retención de carbono en la Empresa Forestal Integral “Villa Clara” en el marco del proyecto 11.69. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

**16. Antonio Escarré.**

Facilitó la realización de los análisis de contenido de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de 64 especies en la Universidad de Alicante, así como el estudio de la respuesta del incremento de CO<sub>2</sub> en la fotosíntesis en 14 especies en las condiciones de Cuba. Coautor del libro El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático.

Estimado cuantitativo del aporte: 6 %

**Colaboradores**

Dr. Abel Centella<sup>2</sup>, Dr. José A. Bravo<sup>1</sup>, Dra. Magyuri Ávila<sup>1</sup>, Dr. Carlos López<sup>2</sup>, Msc. Valentín Fernández<sup>2</sup>, Msc. Delkys Hernández<sup>3</sup>, Msc. Denia Parada<sup>1</sup>, Msc. Haylett Cruz<sup>1</sup>, Msc. Ivianne Vila<sup>1</sup>, M.Sc. Doralys Ponce<sup>7</sup>, Ing. Ivonne Diago<sup>6</sup>, Ing. Fernando Jiménez<sup>3</sup>, Ing. Ciro Milián<sup>1</sup>, Ing. Isis Zulueta<sup>3</sup>, Ing. Wilmer Toirac<sup>1</sup>, Ing. Jorge L. Reyes<sup>7</sup>, Ing. Humberto Hernández<sup>4</sup>, Ing. Vicente F. Cárdenas<sup>4</sup>, Ing. Giraldo Fagundo<sup>5</sup>, Ing. Aguedo Cárdenas<sup>5</sup>, TM Leyla Alvarez<sup>1</sup>, TM Bárbara Aguirre<sup>1</sup>, TM Lourdes Gómez<sup>1</sup>, TM Natividad Triguero<sup>1</sup>, TM Milagros González<sup>1</sup>, TM Roberto Ramos<sup>1</sup>, TM Marcial Rodríguez<sup>1</sup>.

**Filiación:**

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, Minag, Cuba

<sup>2</sup> Instituto de Meteorología, Citma, Cuba

<sup>3</sup> Grupo Empresarial de Montaña, Minag, Cuba

<sup>4</sup> Empresa Forestal Integral Mayabeque, Minag, Cuba

<sup>5</sup> Empresa Forestal Integral Victoria de Girón, Minag, Cuba

<sup>6</sup> Dirección Nacional Forestal, Cuba

<sup>7</sup> Otro centro laboral (investigadores del INAF que se trasladaron a otras entidades posterior a la ejecución de los Subproyectos).

**Autores para la correspondencia:**

Arnaldo Álvarez Brito, Instituto de Investigaciones Agro- Forestales. Calle 174 No. 1723 e/ 17 B y 17 C, Siboney. Playa. La Habana, [archie@forestales.co.cu](mailto:archie@forestales.co.cu). Teléf. 208 4935. FAX: 208 2189

Alicia Mercadet Portillo, Instituto de Investigaciones Agro- Forestales. Calle 174 No. 1723 e/ 17 B y 17 C, Siboney. Playa. La Habana, [mercadet@forestales.co.cu](mailto:mercadet@forestales.co.cu). Teléf. 208 4935. FAX: 208 2189

COMUNICACIÓN  
CORTA



## COMUNICACIÓN CORTA

Se espera que el cambio climático afecte el funcionamiento, la estructura y la distribución de ecosistemas forestales, de las especies constituyentes y los recursos genéticos y ya se han observado cambios en poblaciones, en rangos de distribución, en composición, estructura y funcionamiento de ecosistemas debidos a cambios en el clima. Teniendo en cuenta esta situación global, es que se inician los estudios para evaluar los impactos del cambio climático y el potencial de retención de carbono en el sector forestal de Cuba, mediante proyectos de investigación-desarrollo a partir del año 2000.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**a) Estimación de la capacidad sumidero de los bosques cubanos en el período 1990-2002.**

Las estimaciones fueron realizadas y presentadas a la dirección del Equipo Nacional de Emisiones de GEI, en el INSMET. En todo el período el sector forestal mantiene su condición de único sumidero neto de carbono del país, fundamentado por el crecimiento anual del área cubierta de bosques.

**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, 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. La evaluación comparativa del balance de emisiones de GEI del sector forestal, usando los coeficientes por defecto del IPCC (0,45 y 0,50) y 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 y que fueron aplicados a partir del inventario 2004.

**c) Reanálisis de la vulnerabilidad de los bosques naturales del país al cambio climático.**

La quinta versión de la evaluación de los impactos esperables sobre los bosques del país como consecuencia del cambio climático abordó la evaluación de los impactos relacionados con el aumento de la temperatura ambiental; sus efectos conjuntos con 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 CO<sub>2</sub>. 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.

**d) Evaluación de impactos y formulación de las estrategias de adaptación para empresas forestales y áreas protegidas.**

- Pérdidas de bosques costeros por aumento del nivel medio del mar: EFI Guanahacabibes, Pinar del Río ( 11 123,60 ha); EFI Mayabeque, La Habana (15 608,45 ha); EFI *Victoria de Girón*, Matanzas (27 205,00 ha); EFI Villa Clara, en esa provincia (14 412,92 ha); EFI Baracoa, Guantánamo (3,28 ha) y en el área protegida Delta del Cauto, Granma (12 561,00 ha).
- Impactos sobre los bosques de pino por variaciones de la temperatura y las lluvias: EFI Viñales, en Pinar del Río. Se demuestra que se produce la inversión del patrón anual de los rendimientos mensuales de resina de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret&Golfari.
- Impactos sobre los bosques húmedos por variaciones de la temperatura y las lluvias: Los resultados indican que los riesgos de muerte regresiva del bosque (MRB) se concentran en la región centro-oriental del país y en especial, en las provincias de Guantánamo, Granma, Las Tunas, Santiago de Cuba, Holguín, Ciego de Ávila y

Camagüey, en orden decreciente de importancia, lo que constituye un primer indicador para orientar el monitoreo futuro de esta situación.

- Impactos sobre los bosques de montaña por variación de la temperatura: en la EFI Sancti Spiritus se determinó que las especies *Magnolia cubensis* Urb. subsp. *acunae* Imkhan. (mantequero), especie endémica del Escambray; *Juglans jamaicensis* C. DC. subsp. *jamaicensis* (nogal del país), especie protegida por la Ley Forestal y amenazada en peligro crítico y *Prunus occidentalis* (Sw.) Roem. (cuajaní) protegida por la Ley Forestal, presentan alteraciones en las fenofases vegetativa y reproductiva. Por otra parte, se valoró el posible desplazamiento altitudinal de las especies que se ubican en las montañas de Baracoa y en la EFI Sierra Maestra, en Santiago de Cuba.
- e) **Impactos esperables sobre los bosques naturales debido al aumento de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>.**

Con la colaboración de la Universidad de Alicante, España, se realizó la evaluación de las respuestas esperables en la fotosíntesis de 14 especies presentes en bosques naturales. ante el aumento sostenido de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>.

- f) **Metodología para la estimación del carbono retenido por las empresas forestales y puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR.**

La metodología de cálculo, una vez elaborada y aprobada, se implementó mediante un sistema automatizado cuya primera versión fue validada en siete empresas forestales del país: La Palma; Mayabeque; *Victoria de Girón*; Villa Clara; Ciego de Ávila; Gran Piedra-Baconao y Baracoa; mientras que su segunda versión fue validada en seis empresas forestales: La Palma; Mayabeque; *Victoria de Girón*; Las Tunas; Gran Piedra-Baconao y Baracoa, lo que facilitó su ajuste continuado hasta la versión 2.15 actualmente disponible. Además, a cada una de las últimas seis empresas les fueron evaluadas siete alternativas de mitigación diferentes, identificando en cada caso la de mejores perspectivas técnicas.

- g) **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* Morelet var. *caribaea* Barret&Golfari, manejada silvícolamente para alcanzar diferentes objetivos finales: producción de pulpa, de envases, de madera para aserrío y para la conservación de recursos genéticos.

- h) **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 metodología a emplear nacionalmente para la planificación, certificación, bonificación, pago 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 bonificación de la retención de carbono producida por su ejecución, a la par que permita la emisión de créditos VERs, exportables al Mercado de Reducciones OTC.

**i) Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies.**

Los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones y mediciones efectuadas en *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret&Golfari, *Pinus tropicalis* Morelet, *Pinus maestrensis* Bisse, *Pinus cubensis* Griseb, *Eucalyptus* sp., *Tectona grandis* L. F. y *Acacia mangium* Willd., permiten la sustitución paulatina de los valores por defecto ofrecidos por el IPCC y representan una disminución del nivel de incertidumbre asociado a las estimaciones de carbono.

**j) Evaluación de las vulnerabilidades de los bosques a las principales plagas forestales cubanas bajo los efectos del cambio climático.**

La evaluación de la relación entre la abundancia de los insectos y la temperatura media del aire en el periodo 1980-2000, indica una menor abundancia de los enemigos naturales en los municipios de Minas de Matahambre y Viñales en los meses de mayores temperaturas. La evaluación de la relación entre la abundancia de los insectos y la lluvia total en el periodo 1980 al 2000, indica una mayor abundancia de los descortezadores en los municipios de la Palma y Camagüey en los meses de menores precipitaciones. Debido a estos impactos, se espera una mayor vulnerabilidad de las especies forestales hospedantes, en estas localidades durante el siglo XXI.

**k) Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono.**

Se evaluó la retención de carbono en los sistemas agroforestales siguientes: Estación Experimental Forestal de Guisa; cuenca del río Guisa, zona Victorino; cuenca del río Bayamo (subcuenca río Cupeinicú) y precordillera norte de la Sierra Maestra, El Corojito oeste. Se realizaron evaluaciones en cinco fincas forestales integrales y dos UBPC, para conocer el comportamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero y la retención de carbono, lo que permite definir medidas de mitigación.

**l) Identificación del contenido de carbono en los suelos existentes en el patrimonio forestal nacional.**

Se determinó el contenido de carbono en los suelos: Ferralítico Rojo Amarillento, Fersialítico Rojo Parduzco Ferromagnesial, Ferrítico y Pardo sin Carbonato, partiendo de los estudios de suelo realizados anteriormente por el Instituto de Investigaciones Forestales, lo que permite sustituir valores por defecto por estos valores nacionales y disminuir las incertidumbres en los cálculos del carbono retenido por los bosques.

**m) Confección de un libro con los resultados obtenidos en la ejecución de los proyectos de investigación-desarrollo.**

Se concluyó un libro titulado “El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático” (ISBN: 978-959-7215-00-4), el que con financiamiento de cinco proyectos del PNUD, financiados por el GEF, fue impreso en 2012 con 3 000 ejemplares; se realizó el lanzamiento en el mes de marzo de 2013 en el marco del Taller final del Capítulo Impactos y Adaptación de la Segunda Comunicación Nacional y ha sido distribuido a las diferentes instituciones del MINAG, CITMA, SNAP, MES y algunas organizaciones internacionales.

**CONCLUSIONES.**

Los elementos presentados sientan las bases científico-técnicas necesarias para que el Sector Forestal del MINAG acometa, en el marco del Programa Forestal hasta el 2020, la formulación e implementación del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático, en cumplimiento de los acuerdos e indicaciones emitidas al respecto por el Consejo de Ministros.

**Impacto ambiental.**

Los resultados obtenidos representan un aporte importante en el aspecto ambiental, ya que han constituido contribuciones a la Primera y a la Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, además de facilitar la definición e implementación de medidas de adaptación en el Sector Forestal, como parte del Programa Agrario de Enfrentamiento al Cambio Climático. Por otra parte, conociendo la cantidad de carbono retenida por el patrimonio forestal nacional y la de las empresas forestales en particular, se pueden definir medidas de mitigación basadas en un manejo silvícola que produzca un incremento de la biomasa, para así incrementar la capacidad sumidero del sector forestal.

#### **Aporte científico.**

- Ampliación de la base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de especies forestales arbóreas cubanas.
- Impactos esperables sobre 14 especies presentes en bosques naturales debido al aumento de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>.
- Definición de una metodología para la estimación del carbono retenido por las empresas forestales y puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR.
- Modelación de las variaciones del ciclo de retención de carbono en plantaciones de pino macho con diferentes objetivos productivos.
- Metodología para la organización del sistema nacional de planificación, monitoreo y evaluación de la retención de carbono por las empresas forestales del MINAG.
- Evaluación de las vulnerabilidades de los bosques a las principales plagas forestales cubanas bajo los efectos del cambio climático.
- Definición del contenido de carbono en cuatro tipos de suelos existentes en el patrimonio forestal nacional.
- Impactos sobre los bosques de *Pinus caribaea* var. *caribaea* por variaciones de la temperatura y las lluvias.
- Confección de un libro con los resultados obtenidos en la ejecución de los proyectos de investigación-desarrollo.

REFERENCIAS  
DE LAS  
PUBLICACIONES

## **Referencias de las publicaciones**

### **Revistas científicas:**

1. El cambio climático y el sector forestal cubano: Segunda aproximación. 2004. Revista Forestal Baracoa 24(Nº Especial): 43-50.
2. Certificación del carbono retenido por las empresas forestales y bases para su reconocimiento ambiental. 2006. Revista Forestal Baracoa 25(1): 65-70.
3. Mitigación del cambio climático por concepto de fijación de CO<sub>2</sub> en los bosques de la EFI Baracoa, provincia Guantánamo: Segunda aproximación. 2006. Revista Forestal Baracoa 25(2): 43-50.
4. Respuesta fenológica de *Juglans jamaicensis* subsp. *jamaicensis* al aumento de la temperatura en bosque pluvial montano. 2008. Revista Forestal Baracoa 27(2): 81-90.
5. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferralítico Rojo Amarillento. 2011. Revista Forestal Baracoa 30(2): 61-66.
6. Impacto del cambio climático en la costa sur de La Habana. 2011. Revista Forestal Baracoa 30(2): 85-90.
7. Retención de carbono por el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Villa Clara. Primera aproximación. 2012. Revista Forestal Baracoa 31(1): 41-50.
8. Alteraciones en la época de recolección de frutos de especies forestales por aumento de temperatura en la zona montañosa de Topes de Collantes. 2012. Revista Forestal Baracoa 31(1): 73-78.
9. Capacidad de los bosques para mitigar el cambio climático según indicador de manejo sostenible. 2012. Revista Forestal Baracoa 31(1): 85-89.
10. Estimación del contenido de carbono en los bosques de la EFI Guantánamo. 2012. Revista Baracoa 31(2): 3-8.
11. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Fersialítico Pardo Rojizo Ferromagnesial. 2012. Revista Baracoa 31(2): 9-14.
12. Impactos del cambio climático en el sector forestal de la península de Zapata, Matanzas, Cuba. 2013. Revista Forestal Baracoa 32(1): 11-19.
13. Contenido de carbono en algunos suelos forestales de Cuba. Ferríticos. 2013. Revista Forestal Baracoa 32(1): 51-55.
14. Influencia del nitrógeno en la cantidad de carbono retenido por 13 especies forestales en el humedal Ciénaga de Zapata, Cuba. 2013. Revista Forestal Baracoa 32(1): 75-79.
15. Evaluación de impacto y estrategia de adaptación para la empresa forestal integral Baracoa, provincia Guantánamo, Cuba. 2009. Universidad Autónoma Indígena de México, Revista Ra Ximhai 5(3): 271-280 septiembre – diciembre.
16. La retención de carbono y su impacto en el calentamiento global, Estudio de caso: Empresa forestal Integral “La Palma”. 2005. Revista Tatascán 17(1): 3-10.
17. Cambio climático: Estudios de impactos y mitigación en el sector forestal cubano. 2007. Agricultura Orgánica 13(1): 43-45.
18. Estudio de caso sobre la mitigación del cambio climático por los bosques: EFI Mayabeque de provincia Habana. II Aproximación. 2004. Revista electrónica Medio Ambiente y Desarrollo. No. 6. ISSN: 1683-8904.0
19. Coeficientes de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreas cubanas. 2011. Disponible en: [http://bva.fao.cu/pub\\_doc/Reposit/cuf0337s.pdf](http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf)

### **Libros:**

- Bosques de Cuba: Partes 1 y 2. 2007. Universidad para Todos. Edit. Academia, La Habana. 16 p.
- Cambio Climático. Parte 2: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. 2008. Universidad para Todos. Ed. Academia, C. Habana. 16 p.
- Efecto de los cambios globales sobre el ciclo de carbono. 2009. (ISBN: 978-987-96413-7-8).
  - Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba, p. 107-118.
  - Respuesta adaptativa de tres especies forestales arbóreas tropicales de zonas montañosas, al efecto invernadero, p. 119-126.
  - Cambio climático y el Sector Forestal cubano: Segunda aproximación, p. 127-136.
- Energía y Cambio Climático. 2011. La Habana. Editorial Academia. (ISBN: 978-959-270-227-1).
- Innovación agroecológica, adaptación y mitigación al cambio climático. 2011. (ISBN: 978-959-7023-53-1).
  - Balance de gases de efecto invernadero en dos cooperativas matanceras, p. 145-157.
- El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático. 2011. (ISBN: 978-959-7215-00-4).
- Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. 2012. (ISBN: 978-959-300-039-0).
  - Cap. 8: Bosques, p. 318-361.

DESCRIPCIÓN  
DETALLADA

## DESCRIPCIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA DEL RESULTADO.

### INTRODUCCION

Hoy en día el Cambio Climático es uno de los grandes desafíos que la humanidad del siglo XXI tiene que enfrentar. Las evidencias científicas de los orígenes antrópicos del mismo ya están siendo cada vez más confirmadas después que el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático en el año 2007 constatará que el calentamiento del sistema climático es inequívoco como lo demuestran ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y océanos, así como el deshielo generalizado y el aumento del promedio del nivel del mar (IPCC, 2007), (Rathe, 2008), (Anielski y Litynski *et al.*) citados por (Rada y Buitrago, 2009).

Autores como Méndez *et al.* (2008) expresan que debido a los patrones de desarrollo socio-económico utilizados, el hombre ha producido un **reforzamiento** del proceso natural existente, cuyo primer resultado ha sido el aumento de la temperatura media anual del aire, siendo esta la variable ambiental más directamente relacionada con el cambio climático (Beaumont, citado por Arreaga, 2002).

Se espera que el cambio climático afectará el funcionamiento, la estructura y la distribución de ecosistemas forestales, especies constituyentes y recursos genéticos (Robledo y Forner, 2005). Según (McCarty, 2001), ya se han observado cambios en poblaciones, en rangos de distribución, en composición, estructura y funcionamiento de ecosistemas debidos a cambios en el clima. Los cambios de temperatura, precipitación (promedio anual y distribución durante el año) y de la frecuencia e intensidad de eventos extremos, pueden influir directamente sobre el funcionamiento del ecosistema, así como sobre el crecimiento de los árboles, la supervivencia de los organismos (especialmente de los que se encuentran en los límites de los ecosistemas o de los nichos ecológicos), los períodos de floración y fructificación de las plantas y su destrucción por plagas u otros factores naturales.

Un aumento del carbono atmosférico y temperaturas más elevadas (primer elemento del CC) provocarán que ambientes naturales de muchas especies arbóreas se extiendan a mayores latitudes y altitudes. Sin embargo, los bosques sujetos a ello estarían más expuestos a los daños por incendios, la contaminación, daños por plagas y enfermedades; reducción de la variación genética quedando solo los genotipos más resistentes, pudiendo perderse grandes áreas de bosques e incluso especies; disminución de los rendimientos de los cultivos agrícolas, etc. (Sorensen, 1995).

Teniendo en cuenta esta situación global, es que se inician los estudios para evaluar los impactos del cambio climático y el potencial de retención de carbono en el sector forestal de Cuba, mediante proyectos de investigación-desarrollo a partir del año 2000.

En este reporte se dan a conocer los resultados obtenidos en la ejecución de los Proyectos 11.69 “Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. Subsector Forestal”, del Programa Ramal “Recursos Naturales” y “El cambio climático y el Sector Forestal Cubano: Tercera Aproximación”, del Programa Nacional de CITMA “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano”, los cuales se ejecutaron desde el 2007 hasta el 2011 y 2010 respectivamente.

### Materiales y Métodos.

La evaluación de los impactos por variación de la temperatura ambiental y de las precipitaciones fueron simulados mediante el empleo de dos modelos de circulación global: Hadley [H] y ECHAM [E], empleando dos de las familias de escenarios de emisión de gases de efecto invernadero planteadas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (A2 y B2), originando así cuatro escenarios climáticos diferentes (HA2, HB2, EA2 y EB2), resultados que posteriormente fueron analizados mediante el empleo del sistema PRECIS suministrado por el INSMET, con el modelo climático regional en él encapsulado (HadRM3P), para lograr una reducción en escala ajustada para el área del Caribe, con una resolución espacial de 50 km<sup>2</sup> y resolución temporal mensual, por períodos.

Para ello se tomaron en cuenta las proyecciones del aumento del nivel medio del mar para Cuba entre los años 2030 y 2100 (*Modelo MAGICC/SCENGEN, Versión 4.1*, IPCC, (2001a) planteados por Salas (2008), con una sensibilidad climática alta, que evidencia para el período 2075-2100 un incremento medio de 85 cm, como valor mayor esperable de elevación del nivel mar para el país (Tabla 1).



**Tabla 1. Proyecciones del aumento del nivel medio del mar para Cuba en el tiempo.**

Escenario	Sensibilidad Climática ( $\Delta T$ )	Año			
		2030 (cm)	2050 (cm)	2070 (cm)	2100 (cm)
<b>A1C</b>	Baja (1,5 °C)	4	8	14	22
	Media (2,6 °C)	9	17	30	49
	Alta (4,2 °C)	15	27	48	<b>85</b>

A partir del valor de elevación del nivel del mar seleccionado se estimaron las distancias de penetración para cada tipo de pendiente para el 2100, empleando el método reportado por (Álvarez, Milián y Álvarez, 1998).

Los resultados obtenidos se reflejaron sobre un mapa de vegetación a escala 1:25 000, empleando el croquis de lotificación de la Empresa, sobre el que se superpuso el del aumento del nivel del mar, para poder identificar el área de la Empresa que recibiría este impacto y con la información contenida en el proyecto de ordenación forestal de la Empresa, se realizó una valoración cuantitativa de las afectaciones esperadas en área, para el escenario evaluado.

Para la estimación del carbono retenido por el patrimonio forestal de las Empresas Forestales Integrales y en las fincas, se utilizó la Metodología de Mercadet y Alvarez (2005 y 2009) y el sistema automatizado SUMFOR V2 de (Alvarez y Mercadet, 2008).

## **RESULTADOS:**

### **a) Estimación de la capacidad sumidero de los bosques cubanos en los años 2002.**

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.

Las principales emisiones y remociones de GEI, en el sector Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, corresponden al CO<sub>2</sub> con aportes menores de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

- Sus categorías fundamentales son las remociones por el crecimiento de la biomasa en bosques, las emisiones por las extracciones de madera de los bosques, los cambios en el uso de la tierra, las quemaduras de biomasa de bosques (en el sitio y fuera del sitio) y las emisiones y remociones desde los suelos.
- En este sector, se produjo una remoción neta, en el año 2002, de 15,4 Tg CO<sub>2</sub> eq lo que representa un incremento del 7,5 % en las remociones netas con relación al año base 1990.
- El sector forestal ha sido un sumidero neto de CO<sub>2</sub> en todo el período 1990-2002. Las remociones de ese GEI por el crecimiento de la biomasa aérea en los bosques aumentaron en correspondencia con el incremento del área cubierta por bosques en el país. Las remociones totales tuvieron un crecimiento relativo menor debido a la disminución en las remociones por las plantaciones de cítricos (otras biomásas leñosas) que decrecieron en el período 1990-2002. Las emisiones fundamentales de CO<sub>2</sub> provienen de las extracciones de madera de los bosques y las quemaduras de biomasa en el sitio (incendios de bosques) y fuera del sitio (leña y carbón vegetal para energía).

Cuba: Emisiones y Remociones de GEI en el Sector Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura  
Fuente: ETGEI – Instituto de Meteorología

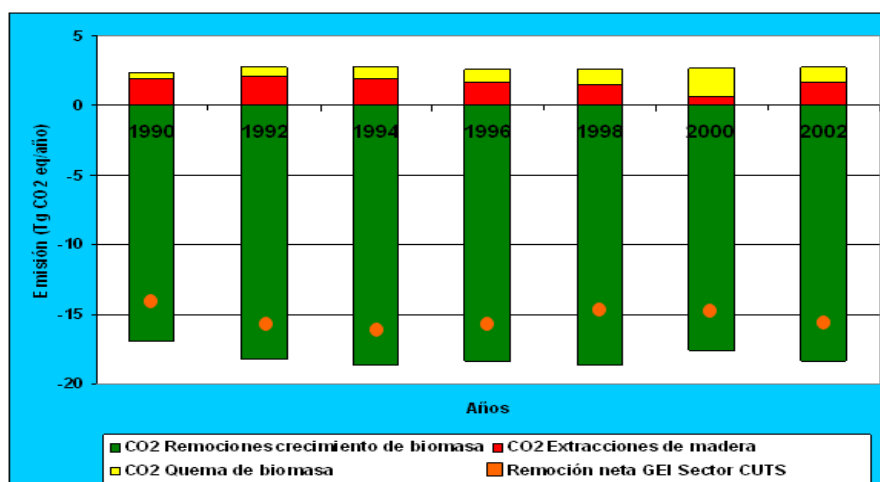


Figura 1. Emisiones y remociones de GEI en el periodo 1990-2002.

b) **Adecuación de las Guías de Buenas Prácticas para el sector de Uso y cambio de Uso de la tierra propuestos por el IPCC a las condiciones nacionales del Sector Forestal.**

En el año 2006 el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC: órgano técnico asesor de Organización de Naciones Unidas y de la Organización Meteorológica Mundial para el tema de cambio climático) presentó las “Directrices 2006 del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero”, uno de los aspectos a incluir en las Comunicaciones Nacionales por todos aquellos países que forman Parte del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, presentado por primera vez en 1992 por la ONU, en la Cumbre de Río de Janeiro y del cual Cuba es signataria.

En estas Directrices se establecen todos los aspectos metodológicos relativos a los Inventarios en un total de cinco volúmenes, que comprenden los siguientes aspectos:

- Vol. 1: Orientación general y generación de informes.
- Vol. 2: Sector Energía.
- Vol. 3: Procesos Industriales y Uso de Productos.
- **Vol. 4: Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU).**
- Vol. 5: Desechos.

En el sector AFOLU estas Directrices comenzarán a ser aplicadas, cuando se acometa la preparación del Inventario de Cuba correspondiente a los años 2006 y 2008.

Las seis categorías principales de uso de la tierra para la declaración del inventario de gases de efecto invernadero según las Directrices 2006 en el sector AFOLU son: Tierras Forestales, Tierras de Cultivo, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras Tierras.

Esa definición indica que todo el patrimonio forestal de Cuba se encuentra considerado bajo la categoría principal “Tierras Forestales”; sin embargo, ello no excluye el hecho de que dentro del patrimonio existan tierras que, por su clasificación según las Directrices, correspondan a otras categorías. Adicionalmente, la superficie del patrimonio forestal no constituye una cifra invariable, debido a que en ocasiones áreas del mismo son destinadas a otros objetivos económicos, al igual que en ocasiones, áreas de tierra clasificadas bajo otras categorías, son destinadas a la actividad forestal.

Por tales motivos, **el objetivo principal del Subproyecto es establecer un método de control sobre el uso y cambio de uso de las tierras del patrimonio forestal del país acorde a las Directrices**, método que debe tener en consideración los aspectos antes señalados y que por tanto, implica la consideración de subcategorías que describan circunstancias especiales significativas para la estimación de las emisiones, de las que se disponga de datos.

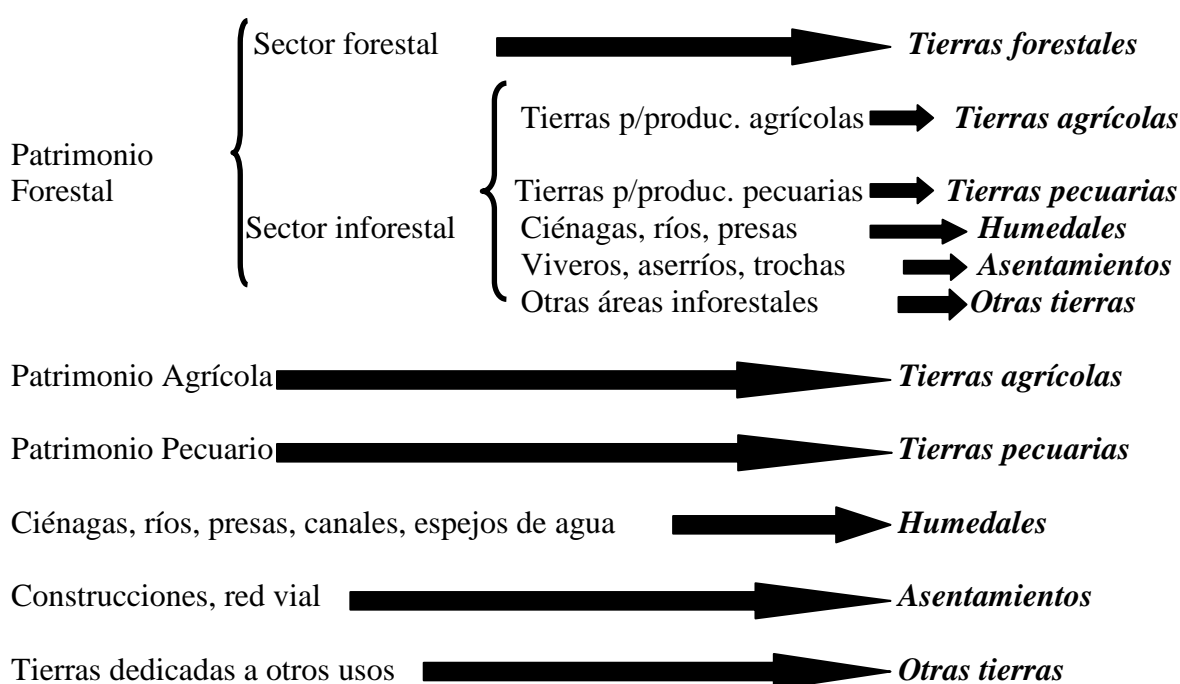
En adición a lo anterior, las Directrices establecen tres niveles diferentes de complejidad y precisión para establecer el método de control sobre el uso y cambio de uso de la tierra y de ellos, hoy el Sector Forestal trabaja con el equivalente a los de primer nivel.

En consecuencia, constituye un **objetivo complementario del trabajo, implementar un método de control de segundo nivel** y de ser posible, **crear las condiciones básicas requeridas para, en un plazo comprendido entre tres y cinco años, poder alcanzar los métodos de control de tercer nivel.**

A partir del estudio del Volumen 4 referido a **Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU)**, se definió **un método de control sobre el uso y cambio de uso de las tierras del patrimonio forestal** del país acorde a las Directrices del IPCC, donde se tiene en cuenta:

1. La adecuación de la clasificación de las tierras que establecen las Directivas, a las definiciones nacionales vigentes.
2. La identificación de la dinámica temporal general de uso y cambio de uso de la tierra del patrimonio forestal.
3. La representación de la dinámica temporal general de uso y cambio de uso de la tierra del patrimonio forestal, en formato de tabla.

Resumiendo, la adecuación nacional de la clasificación planteada por las Directivas quedaría organizada de la forma siguiente:



**El segundo elemento a tomar en consideración** es la identificación de la dinámica temporal general de uso y cambio de uso de la tierra del patrimonio forestal (Figura 2).

Tal dinámica incluye no solo los cambios de tierras no forestales en ***Tierras forestales*** y viceversa, sino también los cambios que ocurren con el **uso de las tierras dentro del propio patrimonio**, dando origen así a la subdivisión nacional de las ***Tierras forestales***, que quedarían integradas por: las Áreas por reforestar, los Bosques naturales, las Plantaciones en desarrollo (menores de 3 años) y las Plantaciones Establecidas.

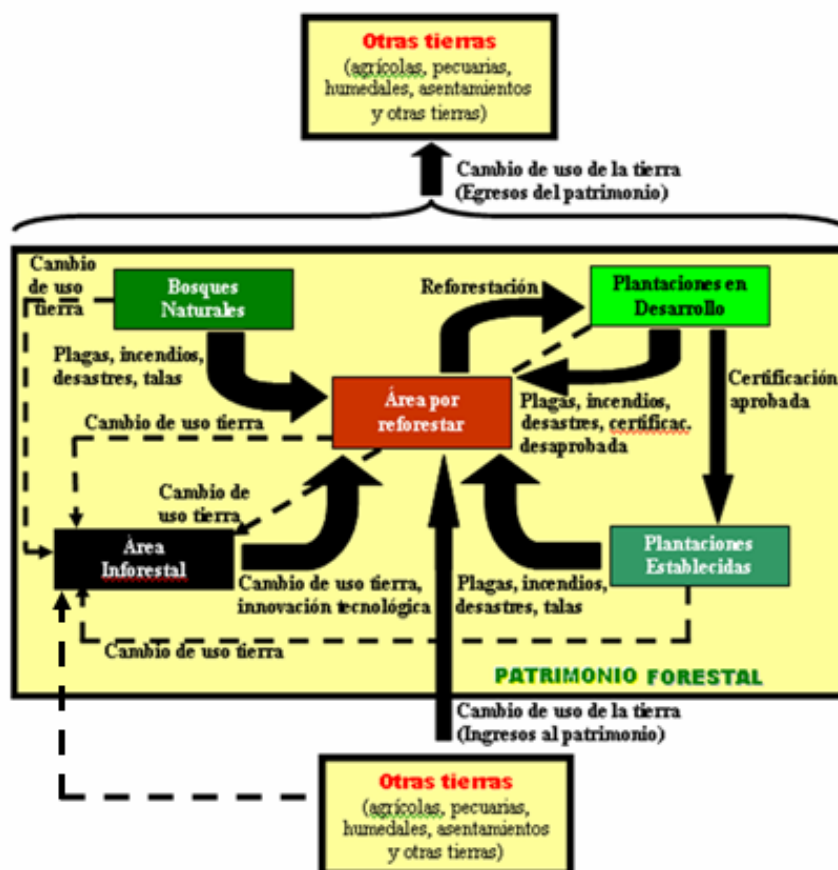


Figura 2. Dinámica temporal general de uso y cambio de uso de la tierra del patrimonio forestal.

En tal sentido, el formato de la tabla de control (Tabla 2) sería el presentado a continuación, en el cual se incluyen tanto las tierras del Área Forestal (*Tierras forestales* y sus subcategorías), como las del Área Inforestal del patrimonio forestal; todas las restantes categorías de tierras (las *Tierras agrícolas*, las *Tierras pecuarias*, los *Humedales*, los *Asentamientos* y las *Otras tierras*), así como la posibilidad de registrar los cambios ocurridos durante el año desde las categorías de origen, hacia las categorías de destino, valorando sus superficies iniciales y finales, al igual que la magnitud y sentido de los cambios ocurridos.

**Tabla 2. Control del cambio y uso de las tierras forestales.**

Final \ Inicio			Patrimonio Forestal									Otros Patrimonios					Sup. Final PF
			Área Forestal				Área Inforestal					Ingresos al Pat. Forestal					
			BN	PE	PD	PR	TA	TP	HM	AT	OT	TA	TP	HM	AT	OT	
Patrimonio Forestal	Área Forestal	BN															
		PE															
		PD															
		PR															
	Área Inforest.	TA															
		TP															
		HM															
		AT															
	OT																
Otros Patr.	Egresos del Pat. Ftal.	TA															Total:
		TP															
		HM															
		AT															
		OT															
Sup. Inic. PF																	Total:
Cambios																	

Leyenda- Bosques naturales (BN) - Tierras agrícolas (TA)- Tierras pecuarias (TP-Plantaciones establecidas (PE)  
 - Plantaciones en desarrollo (PD)- Humedales (HM) - Área por reforestar (PR)  
 - Asentamientos (AT) - Otras tierras (OT)

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

La metodología utilizada fue la siguiente: Fueron tomadas muestras de 100 g de madera (de ramas adultas en las latifolias y de fuste en los pinos) de 64 especies arbóreas existentes en Cuba, en unos casos en los bosques naturales y en otros en plantaciones de 6 años de edad como mínimo. Estas muestras fueron enviadas a la Universidad de Alicante, España, donde se realizaron las determinaciones de la fracción de carbono y contenido de nitrógeno en laboratorio. Cada muestra fue desecada en condiciones ambientales, separadas la corteza de la madera y molidas ambas, para luego proceder a la determinación de sus contenidos de carbono mediante el empleo del analizador elemental LECO, modelo TruSpec CN, utilizando el patrón EDTA con 40,94 % de concentración de carbono. Siempre que fue posible, fue evaluada más de una muestra de cada especie, calculándose el valor promedio de los resultados disponibles.

Los resultados obtenidos fueron:

De las 64 especies estudiadas, 57 se encuentran incluidas en el total de las 124 que se consideran en el programa de reforestación (MINAG, 2009), lo que representa un 46 %.

Las especies que tienen una mayor representación de muestreo son *Pinus caribaea* var. *caribaea* Barret & Golfari, *Pinus tropicalis* Morelet, *Pinus maestrensis* Bisse, *Pinus cubensis* Griseb, *Tectona grandis* L.F., *Eucalyptus pellita* F. Muell, *Casuarina equisetifolia* Forst., *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell y *Gerascanthus gerascanthoides* L..

En la Tabla 3 se resumen los resultados del contenido de carbono y nitrógeno en madera y corteza de las 64 especies estudiadas.

Del total de las 60 especies de latifolias muestreadas, se encontró solamente *Eucalyptus saligna* Sm. con valores por debajo de 45 % (valor por defecto recomendado por el IPCC para las regiones tropicales), reportándose con 42 %; siete especies presentaron valores de 45 % y 51 especies alcanzaron valores por encima de 45 %, llegando incluso a 50 % para *Zanthoxylum elephantiasis* Macfd. y *Caesalpineia violacea* (Mill.) Standl.. En el caso de las coníferas, las cuatro especies de pinos mostraron valores por debajo de 50 %, que es el valor por defecto del IPCC. Estos resultados corroboran la importancia de contar con valores nacionales.

**Tabla 3. Resumen del contenido de carbono y nitrógeno en madera y corteza de 64 especies.**

ESPECIE		Carbono ( %)		Nitrógeno ( %)	
N. COMUN	N. CIENTIFICO	MADERA	CORTEZA	MADERA	CORTEZA
Acacia	<i>Acacia mangium</i> Willd.	48,54	52,63	0,30	1,22
Álamo	<i>Ficus religiosa</i> L.	49,09	44,77	0,90	1,12
Albizia	<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen	47,17	49,48	0,33	1,08
Algarrobo del país	<i>Albizia saman</i> F. Muell.	46,37	43,02	0,66	3,01
Almacigo	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	45,53	42,41	0,40	0,87
Almendro	<i>Terminalia catappa</i> L.	47,38	44,76	0,28	0,56
Arabo	<i>Erythroxylum confusum</i> Britt.	45,41	45,32	0,39	1,16
Árbol del neem	<i>Azadirachta indica</i> A. L. Juss.	49,74	48,23	0,20	0,75
Ayúa	<i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam.) DC.	46,16	44,49	0,27	1,18
Bacona	<i>Albizia cubana</i> Britt. et Wils.	49,40	47,51	0,68	3,22
Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	47,90		0,18	
Bambú	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad.	48,15		0,31	
Bayúa	<i>Zanthoxylum elephantasis</i> Macf.	50,47	47,87	0,22	
Bijáguara	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg.	46,39	46,66	0,34	1,85
Cabo de hacha	<i>Trichilia hirta</i> L.	46,50	42,28	0,29	0,93
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	46,91	40,66	0,49	1,29
Caguairán	<i>Guibourtia hymenifolia</i> (Moric.) Leonard	46,27	48,56	0,25	0,49
Caimitillo	<i>Chrysophyllum oliviforme</i> L.	46,40	45,28	0,43	1,44
Caoba antillana	<i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq.	47,99	49,79	0,21	0,41
Caoba de Honduras	<i>Swietenia macrophylla</i> (L.) Jacq.	46,79		0,20	
Carbonero de costa	<i>Colubrina elliptica</i> (Sw) Brizicki et Stern.	47,15	46,10	0,31	1,21
Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i> Forst.	47,59		0,19	
Cayeput	<i>Melaleuca leucodendron</i> L.	47,57	54,63	0,22	0,63
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	47,43	45,08	0,17	1,51
Dagame	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	47,58	39,02	0,09	0,82
Eucalipto	<i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell.	48,75		0,11	
Eucalipto	<i>Eucalyptus saligna</i> Smith.	42,34		0,08	0,17
Gmelina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb.	46,98	45,92	0,17	0,56
Granadillo	<i>Brya mycophylla</i> Bisse	46,64	46,52	0,34	
Guaguasí	<i>Zuelania guidonia</i> (Sw.) Britt. Et Millsp.	45,10	44,69	0,57	1.31
Guairaje	<i>Eugenia buxifolia</i> (Sw) Willd.	45,62	45,26	0,24	0.85
Guama candelón	<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sargent.	46,20	42,95	0,45	1.62
Guara	<i>Cupania americana</i> L.	45,37	46,92	0,38	1.12
Guásima	<i>Guazuma tomentosa</i> Lam.	46,42	43,28	0,45	1.00
Guayacán	<i>Guaiaicum officinale</i> L.	48,26	47,34	1,58	0.56
Ipil-ipil	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	46,46		0,38	
Jocuma	<i>Mastichodendron foetidissimum</i> (Jacq.) Cronquist	46,83	47,03	0,50	1.24
Majagua	<i>Talipariti elatum</i> (Sw.) Frixell.	46,60	42,95	0,25	0.73
Najesí	<i>Carapa guianensis</i> Aublet.	47,28	39,06	0,22	1.08
Nogal	<i>Juglans insularis</i> jamaicensis subsp. insularis (Griseb.) H. Schaarschm	45,94	42,92	0,25	0.83
Ocuje	<i>Calophyllum antillanum</i> Britt.	48,75	49,61	0,16	0.47
Oreja de judío	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Gris.	46,88	44,67	0,40	1.40
Paraíso de la India	<i>Melia azedarach</i> Lin	45,91	46,71	0,35	
Piñón florido	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Steud.	46,88	40,75	0,35	1.61

ESPECIE		Carbono ( %)		Nitrógeno ( %)	
N. COMUN	N. CIENTIFICO	MADERA	CORTEZA	MADERA	CORTEZA
Roble	<i>Tabebuia brooksiana</i> Britt.	47,16	48,57	0,38	1.34
Roble blanco	<i>Tabebuia angustata</i> Britt	49,07		0,25	
Roble prieto	<i>Ehretia tinifolia</i> L.	47,42	41,14	0,50	1.31
Sabicú	<i>Lysiloma sabicú</i> A. Rich.	46,78	46,36	0,41	1.67
Sigua	<i>Nectandra coriácea</i> (Sw) Griseb	46,08	46,02	0,33	1.73
Soplillo	<i>Lysiloma latisiliqua</i> (L) Benth	45,21	46,02	0,25	1.02
Teca	<i>Tectona grandis</i> L.f.	48,49		0,27	
Tengue	<i>Poeppigia procera</i> Presl.	46,66	44,61	0,18	0.92
Uva caleta	<i>Coccoloba uvifera</i> L.	44,66	45,01	0,37	0.56
Varía	<i>Gerascanthus gerascanthoides</i> L.	46,02	40,26	0,53	1.97
Yaba	<i>Andira inermis</i> (Sw.) HBK	47,64	49,56	0,61	
Yagruma	<i>Cecropia peltata</i> L.	46,50	48,14	0,34	0.32
Yaití	<i>Gymnanthes lucida</i> Sw.	45,53	42,17	0,36	1.19
Yamagua	<i>Guarea guara</i> P. Wils.	47,88	44,39	0,44	1.46
Yarúa	<i>Caesalpinia violácea</i> (Mill.) Standl.	50,10		0,24	
Yaya	<i>Oxandra lanceolata</i> (Sw.) Baill.	46,10	47,81	0,37	1.23
LATIFOLIAS		<b>47,01</b>	<b>45,50</b>	<b>0,36</b>	<b>1,15</b>
Pino de la Maestra	<i>Pinus maestrensis</i> Bisse	46,78	52,55	0,12	0.35
Pino de Mayarí	<i>Pinus cubensis</i> Griseb	47,15	51,91	0,16	0.36
Pino hembra	<i>Pinus tropicalis</i> Morelet	47,14	50,27	0,16	0.10
Pino macho	<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> Morelet var. <i>caribaea</i> Barret & Golfari	47,53	52,68	0,15	0.15
PINOS		<b>47.15</b>	<b>51,48</b>	<b>0,15</b>	<b>0,24</b>
ESPECIES ARBOREAS CUBANAS		<b>47,08</b>	<b>48,49</b>	<b>0,25</b>	<b>0,69</b>

La evaluación comparativa del balance de emisiones de GEI del sector forestal, usando los coeficientes por defecto del IPCC (0,45 y 0,50) y 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 y que, en la medida en que se pueda profundizar en estos estudios por edades y calidad de sitio, los mismos se vayan perfeccionando.

#### d) Evaluación de impactos y formulación de las estrategias de adaptación para empresas forestales y áreas protegidas.

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. Se realizaron estudios de caso para cada uno de los impactos esperables.

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, EFI Baracoa, en Guantánamo y el área protegida Delta del Cauto, en Granma.**

#### ❖ EFI Mayabeque

La Empresa Forestal Integral Mayabeque, ubicada en la provincia La Habana, cuyos límites geográficos son, al Norte la provincia Ciudad de la Habana y el estrecho de La Florida, al Sur el golfo de Batabanó, al Este la provincia Matanzas y al Oeste la provincia Pinar del Río.



Según (MINAG, 2006) tiene una superficie total de 71 582,0 ha, de las cuales 51 009,0 ha están consideradas como áreas forestales (71%). Para una adecuada planificación y administración, está dividida en siete unidades silvícolas y de ellas, cuatro fueron seleccionadas para el estudio: Artemisa, Batabanó, Güines y Nueva Paz.

#### Evaluación con el escenario B2:

A partir del escenario de emisiones B2 (IPCC, 2001), para sensibilidades climáticas baja (1,5 °C) y alta (4,2 °C), se seleccionaron las proyecciones de aumento del nivel medio del mar para Cuba en los años 2030 y 2100 (Modelo MAGICC/SCENGEN, versión 4.1; IPCC, 2001), reportado por Salas (2008) (Tabla 4).

**Tabla 4. Proyección del aumento del nivel del mar para Cuba.**

Escenario	Sensibilidad Climática ( $\Delta T$ )	Aumento del nivel del mar (cm)			
		2030	2050	2070	2100
B2	Baja (1,5 °C)	4	7	10	15
	Media (2,6 °C)	10	16	23	35
	Alta (4,2 °C)	15	26	40	62

La evaluación cuantitativa de los impactos esperables indicó que en el 2100 el patrimonio de la EFI en la costa sur de la provincia presentará una afectación de 8 889,6 ha (equivalente al 12 % del área total en la costa sur), con penetraciones del mar que variarán entre 405,0 m y 1 674,0 m, con impactos diferentes sobre cada una de las cuatro unidades silvícolas valoradas (Tabla 5), siendo la unidad silvícola Nueva Paz la más afectada, mientras que la de menores afectaciones será la unidad silvícola Güines.

**Tabla 5. Impacto del aumento del nivel del mar sobre el patrimonio de las unidades silvícolas estudiadas.**

Unidad Silvícola	Año	Área Afectada (ha)	Unidad Silvícola	Año	Área Afectada (ha)
Artemisa	2030	162,0	Güines	2030	108,4
	2100	605,0		2100	408,4
	Subotal	767,0		Subotal	516,8
Batabanó	2030	165,8	Nueva Paz	2030	265,9
	2100	624,5		2100	994,8
	Subotal	790,3		Subotal	1 260,7
Subtotal/año (ha)		2030		702,1	
		2100		2 632,7	
Total (ha)			3 334,8		

#### Evaluación con el escenario A1C:

El área empleada para el estudio comprendió los nueve municipios situados al sur de la provincia e incluyó el análisis de los impactos esperables a partir del escenario de emisiones A1C (IPCC, 2001), para una sensibilidad climática alta (4,2 °C), con las proyecciones de aumento del nivel medio del mar para Cuba en los años 2050 y 2100 (Modelo MAGICC/SCENGEN, versión 4.1; IPCC, 2001), reportado por Salas (2008) (Tabla 6).



**Tabla 6. Proyección del aumento del nivel del mar para Cuba (IPCC, 2001).**

Escenario	Sensibilidad Climática ( $\Delta T$ )	Aumento del nivel del mar (cm)			
		2030	2050	2070	2100
A1C	Baja (1,5 °C)	4	8	14	22
	Media (2,6 °C)	9	17	30	49
	Alta (4,2 °C)	15	<b>27</b>	48	<b>85</b>

Fueron identificados los lotes y rodales que recibirían el impacto del aumento del mar y con la información contenida en el proyecto de ordenación forestal de la Empresa, fueron definidas las superficies afectadas y los volúmenes de madera allí existentes, se reporta en la siguiente Tabla:

**Tabla 7. Composición del patrimonio forestal de la EFI Mayabeque que resultaría afectado en el sur de La Habana por el aumento del nivel del mar en 85 cm, al término del siglo XXI.**

Composición	Formación boscosa	Superficie (ha)	Volumen en pie (m <sup>3</sup> )
Áreas no cubiertas	Inforestal	18 528,14	
	Por reforestar	1 412,77	
	<b>Subtotal</b>	<b>19 940,92</b>	
Plantaciones con menos de 3 años de establecidas	Manglar	23,18	
	Uveral		
	Semicaduc. sobre suelos calizos	2,92	
	Semicaduc. sobre suelos mal drenados	41,53	
	<b>Subtotal</b>	<b>67,63</b>	
Plantaciones con más de 3 años de establecidas	Manglar	115,63	7 629,41
	Uveral		
	Semicaduc. sobre suelos calizos	39,57	2 857,74
	Semicaduc. sobre suelos mal drenados	467,63	35 493,92
	<b>Subtotal</b>	<b>622,83</b>	<b>45 981,08</b>
Bosques naturales	Manglar	10 549,22	939 717,84
	Uveral		
	Semicaduc. sobre suelos calizos	193,45	12 550,85
	Semicaduc. sobre suelos mal drenados	4 242,95	351 427,84
	<b>Subtotal</b>	<b>14 985,62</b>	<b>1 303 696,53</b>
<b>TOTAL</b>		<b>35 617,01</b>	<b>1 349 677,60</b>

Al término del 2007, de la superficie total que resultaría afectada, 15 608,45 ha estaban cubiertas de bosques naturales y plantaciones con más de tres años de establecidas (48,2 % de la superficie administrada en los municipios del sur), en las que existía un volumen de madera en pie ascendente a 1 349 677,60 m<sup>3</sup>, para un promedio de 86,47 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>, así como 1 480,4 ha pendientes de reforestar o con plantaciones con menos de tres años de establecidas que representarían un volumen potencial adicional de madera en pie equivalente a 128 010,19 m<sup>3</sup>. Entonces, el impacto potencial del aumento del nivel del mar a lo largo de los restantes 90 años del presente siglo pudiera llegar a comprometer un total general de 1 477 687,79 m<sup>3</sup> de madera en pie en la superficie que quedaría bajo las aguas.

## ❖ *EFI Victoria de Girón*

La provincia Matanzas, con un área de 11 787,68 km<sup>2</sup>, constituye la segunda en extensión territorial de la Isla. Se encuentra ubicada en la parte más occidental de la zona central del país, entre las provincias Villa Clara y Cienfuegos al Este, y entre las provincias C. Habana y La Habana, al Oeste. Ubicado al sur de dicha provincia se localiza el municipio Ciénaga de Zapata, que constituye el mayor humedal de Cuba y del Caribe Insular. Dicha municipalidad colinda al Norte con el municipio de Jagüey Grande, al Este con la provincia Cienfuegos y al Noroeste con la provincia La Habana.

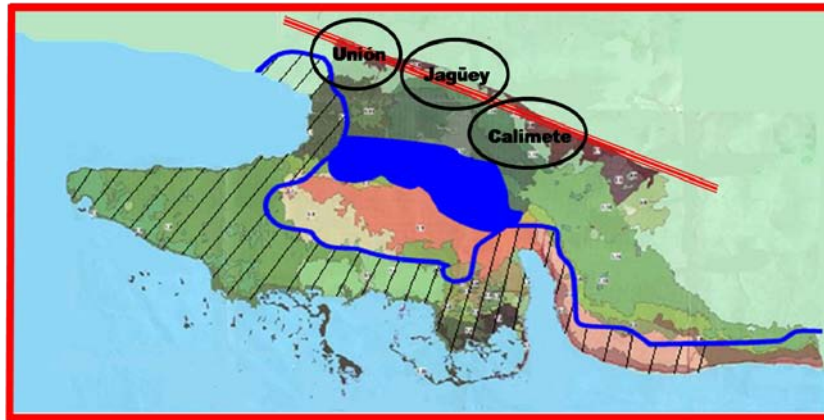
Para el estudio de impacto y adaptación se tomaron las elevaciones del mar derivadas del escenario de emisiones IS92A y de los reportes del Instituto de Oceanología (2,0 mm\*año<sup>-1</sup>; 2006), teniendo en cuenta que el primero prevé los mayores valores de elevación del nivel mar. Se estimaron las distancias de penetración para cada tipo de pendiente en cada año (2015, 2030, 2050 y 2100) y el grado de penetración del mar esperable en dependencia de la pendiente y de acuerdo con el escenario utilizado.

Los resultados son los siguientes:

**Tabla 8. Penetraciones del mar estimadas por escenarios, años y pendientes para la EFI V. de Girón.**

Escenario	Año	Elevación del mar (cm)	Pendiente					
			0,02	0,03	0,04	0,05	0,08	0,2
IS92A	2010	4,85	242,50	161,67	121,25	97,00	60,62	24,25
	2030	12,63	631,50	421,00	315,75	252,60	157,88	63,15
	2050	23,30	1160,00	776,67	582,50	466,00	291,25	116,50
	2100	55,20	2060,00	1840,00	1380,00	1104,00	690,00	276,20
IDO (2006)	2010	2,00	100,00	66,67	50,00	40,00	43,50	17,40
	2030	6,00	300,00	200,00	150,00	120,00	116,00	46,40
	2050	10,00	500,00	333,33	250,00	200,00	188,50	75,40
	2100	20,00	1000,00	666,67	500,00	400,00	369,75	147,90

La zona sur de la Península de Zapata se caracteriza por presentar pendientes muy bajas, lo cual provoca que existan áreas permanentemente inundadas, mientras que hacia la parte norte y colindando con los municipios Jagüey Grande y Unión de Reyes las pendientes suelen ser más altas, aunque persiste la topografía llana. En esta última se concentran mayormente las plantaciones con algunas especies que integran los bosques naturales semidecídúos. Por ello es de esperar el mayor nivel de impacto en la zona sur, donde se concentra la mayor cantidad de superficie boscosa natural, por lo que empleando los escenarios seleccionados se estimó la penetración esperable del mar y los resultados obtenidos se reflejaron sobre un mapa de vegetación a escala 1:10 000 (Fig. 3).



**Figura 3. Penetración del mar esperable para el 2100, bajo el escenario IS92A, proyectada sobre el mapa de vegetación de la Empresa.**

El impacto en áreas y volúmenes totalmente perdidos que el aumento del nivel del mar producirá sobre las áreas boscosas de la EFI Victoria de Girón para cada uno de los años de ambos escenarios, se presenta en la Tabla 9.

**Tabla 9. Resultados del aumento del nivel del mar sobre el patrimonio de la EFI V. de Girón.**

Año	Escenarios			
	IS92A		IDO (2006)	
	Area Total Afectada (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Area Total Afectada (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> )
2015	1 947,50	20 939,13	1 445,42	15 540,87
2030	3 551,30	38 189,87	2 890,83	31 081,62
2050	4 904,60	52 733,28	4 818,05	51 802,71
2100	16 801,60	180 647,44	14 858,40	159 754,54
<b>Total</b>	<b>27 205,00</b>	<b>292 509,72</b>	<b>24 012,70</b>	<b>258 179,74</b>

El impacto en áreas y volúmenes totalmente perdidos que el aumento del nivel del mar producirá sobre las áreas boscosas de la EFI Victoria de Girón para cada uno de los años de ambos escenarios, se presenta en la Tabla 10.

**Tabla 10. Resultados del aumento del nivel del mar sobre el patrimonio de la EFI V. de Girón.**

Año	Escenarios			
	IS92A		IDO (2006)	
	Area Total Afectada (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Area Total Afectada (ha)	Volumen (m <sup>3</sup> )
2015	1 947,50	20 939,13	1 445,42	15 540,87
2030	3 551,30	38 189,87	2 890,83	31 081,62
2050	4 904,60	52 733,28	4 818,05	51 802,71
2100	16 801,60	180 647,44	14 858,40	159 754,54
<b>Total</b>	<b>27 205,00</b>	<b>292 509,72</b>	<b>24 012,70</b>	<b>258 179,74</b>

## ❖ EFI Villa Clara:

La provincia Villa Clara, con un área de 8 412,4 km<sup>2</sup>, constituye la quinta en extensión territorial de la Isla (ONE, 2008). Se encuentra ubicada en la parte norte de la zona central del país, entre las provincias de Sancti Spiritus al Este, Cienfuegos al Sur y Matanzas al Oeste. El patrimonio forestal de la provincia es de 218 311,8 ha (DNF, 2008).

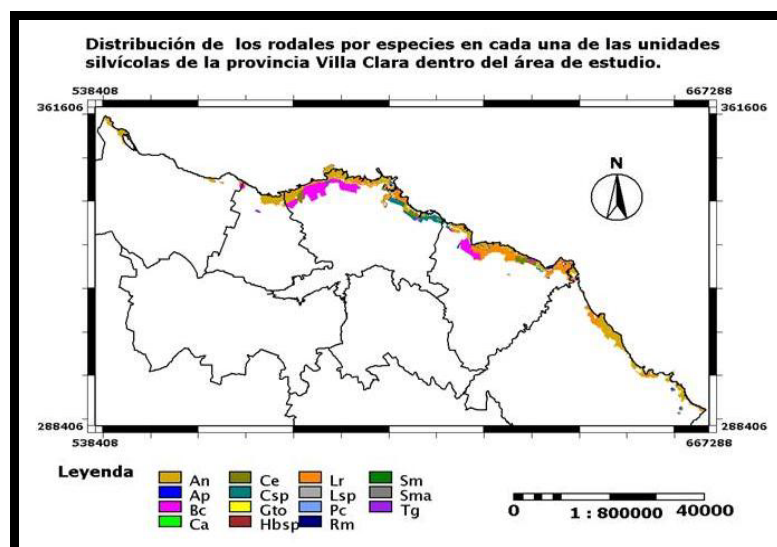
Para la proyección del aumento del nivel medio del mar para Cuba en el tiempo, se empleó el escenario A1C (IPCC, 2001), con una sensibilidad climática alta (4,2 °C), que evidencia para los años 2030, 2050 y 2085.

Partiendo de las informaciones contenidas en el Proyecto de Ordenación 1986-2007 de la Empresa, se calcularon a nivel de rodal los impactos que se producirían, teniendo en cuenta en cada rodal su pendiente y la composición de especies arbóreas.

Los resultados se resumen en la siguiente Tabla:

**Tabla 11. Área de penetración del mar (ha) por unidades silvícolas y escenarios.**

Unidades silvícolas	ESCENARIOS					Área Total
	2030	2050	2085	Área inundada	Área no inundada	
Q. de Güines	300,04	163,52	96,04	559,6	730,32	1 289,92
Encrucijada	2 003,76	928,12	1 132,2	4 064,08	2 801,68	6 865,76
Sagua	2 572,04	866,12	2 110,32	5 548,48	4 167,44	9 715,92
Corralillo	381,48	185,16	320,24	886,88	260,32	1 147,2
Remedios	1 486,28	773,92	1 093,68	3 353,88	1 519,68	4 873,56
<b>Total</b>	<b>6 743,60</b>	<b>2 916,84</b>	<b>4 752,48</b>	<b>14 412,92</b>	<b>9 479,44</b>	<b>23 892,36</b>

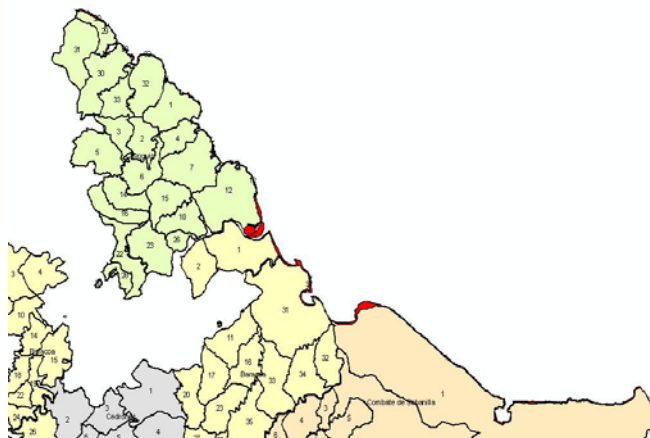


**Figura 4. Distribución de los rodales por especies en cada unidad silvícola (EFI V. Clara, 2008).**

## ❖ EFI Baracoa

La empresa posee 95% de su superficie montañosa, con pendientes mayores de 15%, mientras que el 5% restante se encuentra en áreas limitadas por los valles aluviales, llanuras aluvio-marinas y cárnicas. Atendiendo a ello es de esperar que los impactos debido al nivel de penetración del mar para el año 2100 no sean tan significativos.

En la siguiente Figura5 se muestra el nivel de afectación por unidad silvícola, lotes y rodales.



Simbología: Área afectada:

**Figura 5. Penetración aproximada que alcanzará el mar en base al escenario A1C.**

El área que quedará sumergida bajo el mar como consecuencia de la penetración estimada alcanzará valores del orden de las 5,6 ha, resultado este favorecido por las características del relieve eminentemente montañoso que presenta el área que ocupa la empresa y la unidad silvícola que más se verá afectada por la penetración del mar para el año 2100 será Cayo Güín con un valor de 3,28 ha.

#### ❖ Área protegida Delta del Cauto:

Según señala Reyes (2006), “*El humedal que ocupa todo el delta del río Cauto es el segundo en extensión de Cuba y del Caribe insular; ello denota la enorme importancia del mismo para la biodiversidad, la cual es en gran parte desconocida. Actualmente está categorizado a nivel nacional como Refugio de Fauna e internacionalmente como Sitio RAMSAR*”.

Para la proyección del aumento del nivel medio del mar para Cuba en el tiempo se empleó el escenario A1C (IPCC, 2001).

Los valores esperables de penetración del mar para la menor y mayor pendiente, en dependencia de cada uno de los años del escenario considerado, se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12. Penetración del mar (m), en dependencia de la pendiente.**

Año	Elevación del mar (cm)	Penetración en función de la pendiente (m)	
		Mínima: 0,03 %	Máxima: 0,40 %
2030	15	543,75	35,25
2050	27	978,75	63,45
2070	48	1 740,00	112,80
2100	85	3 081,25	199,75



**Figura 6. Penetración aproximada que alcanzará el mar por el cauce del río Cauto, en la medida que aumente su nivel durante el presente siglo, en base al escenario A1C.**

- **Impactos sobre los bosques de pino por variaciones de la temperatura y las lluvias: EFI Viñales, en Pinar del Río.**

De las cuatro variables climáticas específicas que han sido identificadas como de importancia por sus impactos potenciales sobre los pinares, sólo han sido estudiadas la temperatura y las lluvias y además, de las cuatro especies de pino existentes en el país, sólo una de las dos especies distribuida naturalmente en occidente ha sido objeto de atención (*P. caribaea* var. *caribaea*; pino macho). No obstante, también debe considerarse que es la especie más utilizada en el país para los planes de (re)forestación y la única que cuenta con más de 100 mil hectáreas de plantaciones con edades superiores a los tres años y más de 60 % de supervivencia (DNF, 2008), lo que la convierte en el más importante y abundante de los pinos cubanos, distribuido hoy a lo largo de todo el país.

La oleorresina de pino o resina es uno de los productos no madereros del bosque que constituye un rubro exportable del Sector Forestal nacional. Se caracteriza por constituir una producción complementaria a la de la madera, pues habitualmente los rodales que alcanzan su turno final son resinados durante 3 a 5 años antes de la tala. Aunque potencialmente las cuatro especies de pinos cubanos son productoras de resina, con rendimientos promedio diferentes, actualmente sólo se explotan con este objetivo *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* B.&G. y *Pinus tropicalis* Morelet, ambos en Pinar del Río.

Dado que las variables climáticas constituyen los principales factores que modifican la marcha anual del rendimiento mensual de resina de un rodal y estas variables han ido acusando modificaciones de sus tendencias históricas durante la segunda mitad del pasado siglo, 20 años después de las evaluaciones iniciales realizadas a *P. caribaea* var. *caribaea* se consideró conveniente reanalizar su comportamiento.

El estudio de caso fue llevado a cabo en dos parcelas de 30 árboles en etapa fustal de la especie, establecidas en el área de la Estación Experimental Forestal de Viñales, Pinar del Río

Los sitios de ambas plantaciones distan menos de un kilómetro, con similares suelos, altitudes, topografía e hidrología; la tecnología de resinación utilizada en ambos casos fue la misma: árboles de 20 cm o más de diámetro a 1,30 cm sobre el suelo, en los que se realizaron picas descendentes con canal central, aprovechando un tercio de la circunferencia, con frecuencia semanal.

La marcha anual de la temperatura máxima y mínima promedio mensual del aire y la temperatura máxima y mínima promedio anual del aire durante ambos períodos de resinación, fueron estimadas a partir de los registros de las estaciones meteorológicas de los municipios La Palma y Minas de Matahambre, debido a que el municipio Viñales no cuenta con una estación de este tipo. Los municipios de las estaciones de referencia se encuentran al Este y al Oeste del municipio Viñales, respectivamente.

El estudio arrojó los siguientes resultados:

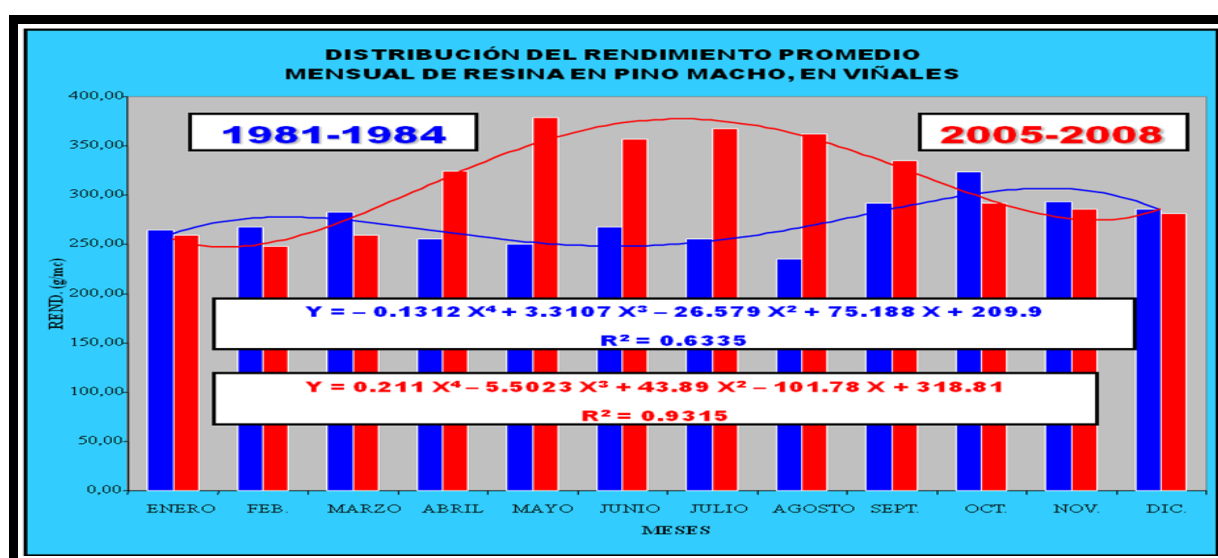
Del primer período de resinación al segundo, el rendimiento medio anual de la especie aumentó en 43,88 g\*m-cara<sup>-1</sup>, con cambios importantes en los meses comprendidos de marzo hasta octubre,

variaciones que no pueden ser atribuidas ni a una diferencia de calidad genética de los árboles de las parcelas, ni a diferencias edáficas de los sitios, por ser ambos elementos similares para las dos parcelas, razón por la cual sólo resta buscar una explicación en el clima reportado para ambos períodos.

**Tabla 13. Diferencias de temperatura registradas entre ambos períodos de resinación (2005-2008 vs 1981-1984).**

MES	Temp. Máxima		Temp. Mínima	
	La Palma	M. Matahambre	La Palma	M. Matahambre
E	+ 1,3	+ 1,1	+ 0,8	+ 0,6
F	+ 0,7	+ 0,4	+ 0,1	0,0
M	+ 0,6	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,3
A	- 0,4	- 0,8	- 0,4	- 0,1
M	+ 0,2	- 0,3	0,0	0,0
J	+ 0,0	- 0,3	+ 0,2	+ 1,1
J	+ 0,9	+ 0,4	+ 0,9	+ 1,6
A	+ 0,7	0,0	+ 0,7	+ 1,3
S	+ 0,6	+ 0,1	+ 0,9	+ 1,2
O	+ 0,2	- 0,2	+ 1,0	+ 1,4
M	- 0,2	- 0,4	+ 0,4	+ 0,7
D	+ 0,4	+ 0,1	+ 0,8	+ 1,2

Como consecuencia de los resultados expuestos anteriormente se puede afirmar que la diferencia climática existente entre los períodos 1981-1984 y 2005-2008 en las estaciones meteorológicas de M. Matahambre y La Palma estuvo caracterizada porque en el segundo período ocurrió un aumento de la temperatura mínima ambiental entre julio y enero entre 0,6 y 1,6 °C, acompañado de una disminución de las lluvias durante todo el año, que redujo el acumulado anual entre 107,3 y 138,9 mm y dada la posición geográfica de ambas estaciones con respecto al área de estudio, cabe esperar que también allí hayan presentado un patrón de comportamiento similar estas variables climáticas, causando la inversión del patrón anual de los rendimientos mensuales de resina de la especie valorada (Fig. 7).



**Figura 7. Inversión del patrón anual del rendimiento mensual de resina en pino macho, como consecuencia del aumento de la temperatura mínima y de la disminución de la lluvia**



Hasta la fecha no se conocen reportes sobre la ocurrencia de un proceso similar en el género *Pinus* ni nacional, ni internacionalmente

- **Impactos sobre los bosques húmedos por variaciones de la temperatura y las lluvias: EFI Bayamo, Granma y EFI Guantánamo, en esa provincia.**

Partiendo de los valores promedio mensuales provinciales de la temperatura media del aire durante el período 1979-2000 (INSMET, 2009), asumidos como representativos para todos los municipios de una misma provincia y de los valores municipales de la pluviosidad acumulada para el período 1961-2000 (INRH, 2008), fue estimada la temperatura media anual y la pluviosidad acumulada media anual del país. La diferencia en los períodos de tiempo considerados para la estimación del valor medio anual de cada variable (22 años para la temperatura y 40 para la pluviosidad), estuvo determinada por el nivel de variación inherente a cada una de ellas.

Fueron señalados gráficamente en un mapa todos los municipios cuya temperatura media anual del aire fuese superior a la media nacional y cuya pluviosidad acumulada anual fuese inferior a la media nacional.

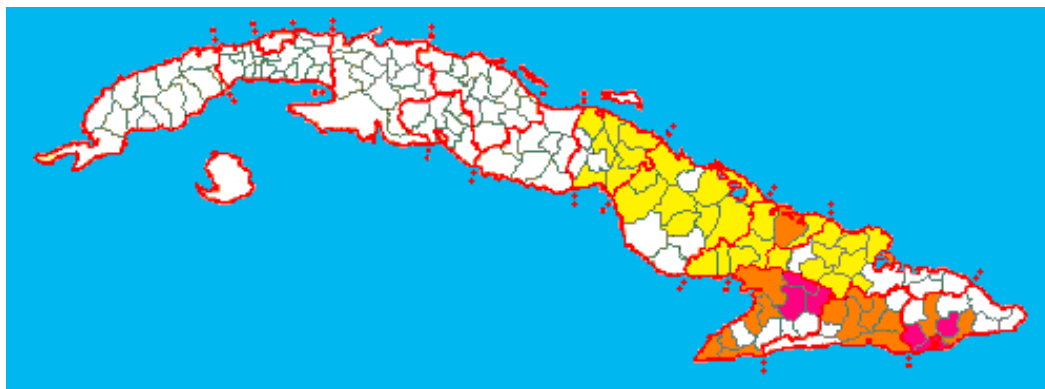
Se identificaron los valores mínimo y máximo de temperatura y lluvia correspondientes a este conjunto de municipios y el rango comprendido entre los valores extremos fue dividido en tres partes, para identificar así los límites de valores de las dos variables que determinaban las categorías de leve, medio y alto nivel de riesgo climático para muerte regresiva de sus bosques (Tabla No. 14).

**Tabla 14. Categorías de riesgo de muerte regresiva de los bosques.**

TEMP. (°C)	PRECIPITACIONES (mm/año)		
	1320-1096	1095-871	870-647
25,27-25,59	Leve	Leve	Medio
25,60-25,92	Leve	Medio	Alto
25,93-26,27	Medio	Alto	Alto

El conjunto de municipios antes identificado fue clasificado y representado gráficamente, según estas categorías de riesgo y ubicado espacialmente sobre un mapa del país.

Los resultados son los siguientes:



**Figura 8. Distribución nacional de los municipios donde los bosques existentes enfrentan los mayores riesgos de muerte regresiva en el país, distribuidos por categoría de riesgo.**

**Leyenda:** Municipios con riesgo leve ; medio  y alto



**Tabla 15. Municipios donde los bosques existentes enfrentan los mayores riesgos de muerte regresiva en el país, distribuidos por categoría de riesgo.**

Municipios con Riesgo Leve			
Provincia	Municipio	T	P
Camagüey	Nuevitas	25,27	940
Camagüey	Guáimaro	25,27	1109
Camagüey	Minas	25,27	1170
Camagüey	Sibanicú	25,27	1195
Camagüey	C. M. de Céspedes	25,27	1234
Camagüey	Camagüey	25,27	1283
Camagüey	Jimaguayú	25,27	1283
Camagüey	Esmeralda	25,27	1300
Camagüey	Florida	25,27	1320
C. Ávila	Chambas	25,27	1006
C. Ávila	Morón	25,27	1064
C. Ávila	Cayo Coco	25,27	1077
C. Ávila	Bolivia	25,27	1097
C. Ávila	Primero de Enero	25,27	1132
C. Ávila	Venezuela	25,27	1239
C. Ávila	Baraguá	25,27	1249
C. Ávila	Ciro Redondo	25,27	1287
Holguín	Antilla	25,56	937
Holguín	Urbano Noris	25,56	939
Holguín	Cacocum	25,56	951
Holguín	Cueto	25,56	987
Holguín	Gibara	25,56	1008
Holguín	Rafael Freyre	25,56	1016
Holguín	Calixto García	25,56	1024
Holguín	Banes	25,56	1039
Holguín	Báguano	25,56	1071
Holguín	Holguín	25,56	1091
Las Tunas	Jesús Menéndez	25,58	943
Las Tunas	Manatí	25,58	967
Las Tunas	Majibacoa	25,58	999
Las Tunas	Las Tunas	25,58	1104

Municipios con Riesgo Leve (cont.)			
Provincia	Municipio	T	P
Las Tunas	Jobabo	25,58	1121
Las Tunas	Colombia	25,58	1170
Las Tunas	Amancio	25,58	1224
S. de Cuba	Contramaestre	25,69	1098
S. de Cuba	Mella	25,69	1105
S. de Cuba	Santiago de Cuba	25,69	1168
S. de Cuba	Songo-La Maya	25,69	1236
S. de Cuba	San Luís	25,69	1238
S. de Cuba	Palma Soriano	25,69	1269

Municipios con Riesgo Medio			
Provincia	Municipio	T	P
Guantánamo	San Antonio Sur	26,27	1142
Guantánamo	Guantánamo	26,27	1275
Granma	Río Cauto	25,99	1110
Granma	Niquero	25,99	1132
Granma	Manzanillo	25,99	1185
Granma	Media Luna	25,99	1199
Granma	Yara	25,99	1217
Granma	Pilón	25,99	1292
Las Tunas	Puerto Padre	25,58	864

Municipios con Riesgo Alto			
Provincia	Municipio	T	P
Guantánamo	Caimanera	26,27	647
Guantánamo	Niceto Pérez	26,27	910
Guantánamo	Manuel Tames	26,27	998
Granma	Jiguaní	25,99	929
Granma	Cauto Cristo	25,99	937
Granma	Bayamo	25,99	1072

Los resultados alcanzados indican que los riesgos de muerte regresiva del bosque por causas climáticas se concentran en la región centro-oriental del país y en especial, en las provincias de Guantánamo, Granma, Las Tunas, Santiago de Cuba, Holguín, Ciego de Ávila y Camagüey, en orden decreciente de importancia, lo que constituye un primer indicador para orientar el monitoreo futuro de esta situación, con vistas a la detección temprana de una posible ocurrencia.

- **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.**

### ❖ **EFI Sancti Spiritus:**

El estudio de caso fue llevado a cabo en Tope de Collantes, Trinidad, Sancti Spiritus.

Esta zona presenta elementos florísticos naturales y escapados de cultivo de gran valor económico, con endémicos estrictos o locales (Ayala, 1989).

Para detectar si existían variaciones temporales de las fenofases de especies arbóreas de la zona causadas por el clima, se seleccionaron tres especies con diferentes grados de endemismo a razón de 10 ejemplares en estado fustal por especie, con plena capacidad reproductiva, los que fueron observados durante un período de entre ocho y diez años:

- *Magnolia cubensis* Urb. subsp. *acunae* Imkhan. (mantequero), especie endémica del Escambray (Montes, 1999), endémico distrital (López, 2005; Cicuzza *et al.*, 2007 y Palmarola *et al.*, 2007). Es una especie protegida por la Ley Forestal (SEF, 1999) y amenazada en peligro crítico (Berazaín *et al.*, 2005) y un género de alto grado de amenaza según Velásquez y Serna (2005). Las observaciones fenológicas se realizaron durante los años 1989-1999.
- *Juglans jamaicensis* C. DC. subsp. *jamaicensis* (nogal del país), localizada en el área de estudio. Especie endémica de Las Antillas Mayores, no para Jamaica (Hno Alain, 1974) y confirmada por Schaarschmidt (1983). No es endémico de Cuba (López, 2005). Especie protegida por la Ley Forestal (SEF, 1999) y amenazada en peligro crítico (Berazaín *et al.*, 2005). Hasta el momento se había descrito como una sola especie: *Juglans insularis*, pero se diferencian en la morfología del fruto. Las observaciones fenológicas se realizaron durante los años 1992-1999.
- *Prunus occidentalis* (Sw.) Roem. (cuajaní), cuya área de distribución natural comprende todo el país, las Antillas y América Central (Bisse, 1988). Es una especie protegida por la Ley Forestal (SEF, 1999). Las observaciones fenológicas se realizaron durante los años 1989-1999.

Las tres especies se encuentran en bosques clasificados como Pluvisilva de Montaña.

Se tuvieron en cuenta dos tipos de registros fenológicos:

- a) Fenología vegetativa. Describe el crecimiento y desarrollo vegetativo de la planta e incluyó las fenofases:
  - Permanencia de hojas (HA). Cantidad de hojas en los árboles de manera permanente y que llegan a constituir las hojas adultas de la planta.
  - Brotación (HN). Formación de hojas nuevas.
- b) Fenología reproductiva. Describe el crecimiento y desarrollo reproductivo de la planta e incluyó las fenofases:
  - Floración (FL). Registra desde la apertura de la flor hasta la caída de los pétalos.
  - Maduración de los frutos (FM). Registra la madurez fisiológica a partir de los cambios de color u otras características que lo evidencian, como el reblandecimiento de los tejidos.

Los resultados se resumen en la siguiente Tabla:

**Tabla 16. Resumen de las alteraciones producidas por especie y fenofase como consecuencia del aumento de la temperatura mínima (Hechavarría, 2009).**

	<b>Especie y Distribución</b>		
	<i>M. cubensis</i>	<i>J. jamaicensis</i>	<i>L. occidentalis</i>
	Exclusiva de Cuba Central. Endemismo distrital.	Antillas Mayores, excepto Jamaica. No endémica, nativa.	Cuba, Las Antillas y América Central No endémica, nativa.
<b>Fenofase</b>	<b>Respuesta al Aumento de la Temperatura Mínima</b>		
<b>Permanencia de hojas adultas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adelanto de la intensidad máxima en tres meses.</li> <li>• Retraso de la intensidad mínima en ocho meses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retraso de la intensidad máxima en tres meses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adelanto del inicio de la intensidad.</li> </ul>
<b>Brotación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adelanto del inicio en dos meses.</li> <li>• Retraso de la intensidad máxima en ocho meses.</li> <li>• Coincidencia entre la intensidad mínima de brotación y la intensidad mínima de permanencia de hojas adultas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se vuelve irregular y sin intensidades máximas apreciables en el año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atraso de su inicio en tres meses.</li> <li>• La intensidad máxima se duplica.</li> <li>• Atraso en la intensidad máxima en siete meses.</li> </ul>
<b>Floración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adelanto de un mes en la terminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adelanto de la presencia en tres meses.</li> <li>• Aumento de la intensidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adelanto de la intensidad máxima en tres meses.</li> <li>• Aumento de la intensidad máxima.</li> </ul>
<b>Maduración de frutos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la intensidad máxima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• División en dos períodos, con aumento de la duración total en dos meses.</li> <li>• Disminución de la intensidad máxima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adelanto de su presencia en tres meses.</li> <li>• Aumento de la duración total en seis meses.</li> <li>• La intensidad máxima se duplica.</li> </ul>

### ❖ **EFI Baracoa:**

Dado que los resultados de la línea base de temperatura 1961-2000 y los de los escenarios para el corto, mediano y largo plazos son estimados a nivel del mar, para obtener la aproximación a su variación altitudinal se tomó en consideración lo señalado por Bisse (1988), quien reportó que en las montañas norte-orientales del país existe un gradiente de aumento de la temperatura media de 0,8 °C por cada 100 m de aumento en altitud.

La distribución de las especies propias de la región norte-oriental del país fue identificada a partir de Bisse (1998), en base al cual se identificaron además las formaciones forestales en que aparece y su nivel de endemismo; posteriormente, tomando en consideración lo establecido en el Reglamento de la Ley Forestal (República de Cuba, 1998), fueron agrupadas en cuatro grupos de vulnerabilidad, el que disminuye con el aumento del orden del grupo:

- **Primer grupo:** Especies bajo protección por la Ley Forestal, endémicas, exclusivas de la formación Pluvilsilva de Montaña y reportadas solo para Baracoa.
- **Segundo grupo:** Especies bajo protección por la Ley Forestal, endémicas, exclusivas de la formación Pluvilsilva de Montaña y reportadas para el Norte de la región oriental.
- **Tercer grupo:** Especies endémicas, exclusivas de la formación Pluvilsilva de Montaña y reportadas solo para Baracoa.
- **Cuarto grupo:** Especies endémicas, exclusivas de la formación Pluvilsilva de Montaña y especies reportadas para el Norte de la región oriental.

Los resultados alcanzados con los escenarios de las temperaturas fueron utilizados para estimar el posible desplazamiento altitudinal de las especies que se ubican en las montañas de Baracoa partiendo de lo reportado por el IPCC (2001), de forma tal que en base al grupo en el que se encuentran, se identificaron las más vulnerables y su posibilidad de desaparición futura, considerando que la formación Pluvilsilva de Montaña se distribuye por encima de los 600 m snm (Bisse, 1988) y la máxima altura de la provincia Guantánamo es Pico El Gato, con 1 184 m snm.

**Tabla 17. Variación esperable de los límites de la temperatura media del aire a nivel del mar, para diferentes períodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.**

Periodo	Año	$\Delta$ Temperatura media (°C)	
		Mín.	Máx.
De referencia	1961- 2000	0,0	0,0
Corto plazo	2011- 2040	+ 0,8	+ 1,2
Mediano plazo	2041 - 2070	+ 1,5	+ 2,2
Largo plazo	2071 - 2099	+ 2,2	+ 3,9

Partiendo de lo planteado por el IPCC (2001a) y valorando las variaciones de temperatura de la Tabla 5, en términos de la potencial migración altitudinal que pudiera inducir sobre la distribución natural de las especies vegetales, se establecieron rangos de desplazamientos para las especies propias de las montañas de la región, los que son mostrados en la Tabla 18.

**Tabla 18. Variaciones altitudinales potenciales para diferentes periodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.**

Periodo	Año	$\Delta h(m)$	
		Mín.	Máx.
De referencia	1961- 2000	0	0
Corto plazo	2011- 2040	120	180
Mediano plazo	2041 – 2070	225	330
Largo plazo	2071 - 2099	330	585

De las principales 79 especies forestales arbóreas reportadas para el territorio de la Empresa, 36 son exclusivas de la formación Pluvilsilva de Montaña y de estas últimas, 27 son endémicas, siete están específicamente distribuidas en Baracoa (todas endémicas) y dos se encuentran ya protegidas por sus escasas existencias físicas (ambas endémicas y en Baracoa).

Si, como señalara Bisse (1988), se toma en cuenta que con la excepción del Noroeste de la región oriental del país (área de Nipe – Sagua, Holguín), la formación Pluvilsilva de Montaña se encuentra en

las montañas por encima de 600 m snm y las zonas montañosas del área de Baracoa excepcionalmente superan los 850 m snm, entonces un desplazamiento altitudinal hacia la cima entre 120 y 585 m para los años 2011 al 2099 podría colocar en grave riesgo los recursos genéticos de las 36 especies identificadas como exclusivas de esa formación en la Empresa, afectando con ello también la diversidad biológica de la región, riesgo cuya intensidad crecería en la medida en que la especificidad de su distribución aumentara y/o la abundancia de sus existencias físicas disminuyera.

En base al análisis anterior se consideró que en el área de la EFI Baracoa las especies forestales arbóreas que enfrentarían la máxima vulnerabilidad con posibilidades de extinción ante el calentamiento global son:

- **Primer grupo:** *Magnolia cacuminicola* Bisse; *Victorinia regina* (Leon) Leon.
- **Segundo grupo:** *Pera ekmanii* Urb.
- **Tercer grupo:** *Bonnetia cubensis* (Britt.) Howard; *Henriettella acunae* Alain; *Laplacea moaensis* M. Vict.; *Ocotea moaensis* Bisse; *Podocarpus ekmanii* Urb.
- **Cuarto grupo:** *Ardisia grisebachiana* (Kuntze) Alain; *Byrsonima biflora* Griseb; *Calophyllum utile* Bisse; *Coccoloba costata* Wr. ex Sauvalle; *Erythroxylon longipes* O. E. Schulz; *Guapira rufescens* (Griseb) Lundell; *Guatteria cubensis* Bisse; *Haenianthus variifolius* Urb.; *Hyeronima nipensis* Urb.; *Linociera cubensis* (P. Wils.) Urb.; *Magnolia cristalensis* Bisse; *Maytenus loeseneri* Urb.; *Mettenia acutifolia* Britt. et Wils.; *Terminalia nipensis* Alain; *Terminalia orientensis* Monachino.

## ❖ EFI Sierra Maestra:

Las formaciones forestales Monte nublado y Monte Fresco sólo se encuentran en el país por encima de 1 000 y 1 700 m snm, respectivamente (Bisse, 1988), lo que limita su distribución a los municipios Guamá, en la provincia Santiago de Cuba; los municipios Bartolomé Masó, Buey Arriba y Guisa, en la provincia Granma y los municipios Baracoa e Imías, en la provincia Guantánamo (DNF, 2008), siempre en las mayores elevaciones del país, entre las que están el Pico Real del Turquino (1 974 m snm; 19°59' N y 76°50' W), la mayor de Cuba; el Pico Cuba (1 872 m snm); el Pico Bayamesa (1 730 m snm) y el Pico Martí (1 722 m snm), todos en la Sierra Maestra, así como en las principales alturas de la región Sagua-Baracoa, donde la máxima altitud registrada es 1 231 m.

A partir de las bases de datos de las temperaturas mínima y máxima media mensual, fueron obtenidos los datos correspondientes al período 1960-2100, con intervalos de 10 años, para los meses de enero y agosto (el más frío y el más caliente del año, respectivamente); posteriormente, para el conjunto de datos de cada variable correspondiente a cada escenario y modelo, fue estimada la tendencia de variación a lo largo del siglo empleando un modelo polinómico cuadrático, como estimador de ajuste el coeficiente de determinación ( $R^2$ ). Para la temperatura media, primero se obtuvieron los datos mensuales para los mismos años que para la mínima y máxima, a partir de ellos se estimó la temperatura media anual y a estos valores se les aplicó el mismo procedimiento estadístico antes descrito.

Los resultados alcanzados con las temperaturas fueron valorados en términos de la potencial migración altitudinal que pudieran inducir sobre la distribución natural de las especies forestales arbóreas existentes en ambas formaciones naturales, tomando en consideración que, según lo planteado por el IPCC (2001a), un aumento de la temperatura media de 1,0 a 3,5 °C equivaldría a un aumento en altitud entre 150 y 550 m para las formaciones vegetales de montaña, lo que aproximadamente representa un aumento medio de altitud de 15 m por cada 0,1 °C de aumento en la temperatura media.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Los límites mínimo y máximo esperables para la temperatura media anual del aire en los años correspondientes al corto, mediano y largo plazos se exponen en la Tabla 19, mientras que las

variaciones de esos límites por período, con respecto a los de los años 1961-1990 se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 19. Límites esperables de la temperatura media anual del aire a nivel del mar, para diferentes períodos del siglo XXI, en la zona del Pico Real del Turquino.**

Período	Año	Tmedia (°C)	
		Mín.	Máx.
De referencia	1961-1991	24,4	27,6
Corto plazo	2031	25,4	28,7
Mediano plazo	2051	26,0	29,1
Largo plazo	2081	26,7	30,4
	2099	27,2	31,1

**Tabla 20. Variaciones esperables de los límites de la temperatura media anual del aire a nivel del mar, para diferentes períodos del siglo XXI, en la zona del Pico Real del Turquino, con respecto al período de referencia.**

Período	Año	$\Delta T_{media}$ (°C)	
		Mín.	Máx.
De referencia	1961-1991	0,0	0,0
Corto plazo	2031	1,0	1,1
Mediano plazo	2051	1,6	1,5
Largo plazo	2081	2,3	2,8
	2099	2,8	3,5

Entonces, partiendo de lo planteado por el IPCC (2001a) y valorando las variaciones de temperatura de la Tabla 21 en términos del potencial de migración altitudinal que pudieran inducir sobre la distribución natural de las especies vegetales, cabría esperar desplazamientos altitudinales como los mostrados en la Tabla 22.

**Tabla 21. Variaciones altitudinales potenciales ( $\Delta h$ ), para diferentes períodos del siglo XXI, en la zona del Pico Real del Turquino, con respecto al período de referencia.**

Período	AÑO	$\Delta h$ (m)	
		Mín.	Máx.
De referencia	1961-1991	0	0
Corto plazo	2031	150	165
Mediano plazo	2051	240	225
Largo plazo	2081	345	420
	2099	420	525

Utilizando las variaciones altitudinales potenciales mostradas en la Tabla 21 y las informaciones disponibles sobre la distribución de las formaciones naturales Bosque Nublado y Bosque Fresco, es posible entonces estimar los riesgos que para su existencia generarían los aumentos de temperatura media del aire en la Sierra Maestra, resultados que se exponen en la Tabla 22.

**Tabla 22. Rangos potenciales de altura que pueden restarle a cada formación, en la medida que aumente la temperatura media del aire en la Sierra Maestra.**

<u>Altura máxima</u> <u>Pico Real del Turquino:</u> 1 974 m snm	Referencia 1961-1991	Corto plazo 2031	Mediano plazo 2051	Largo plazo					
				2081	2099				
Formación	Altura disponible (m) por período para cada formación								
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
Monte Nublado > 1 000 m	974	824	809	749	734	629	554	554	449
Monte Fresco > 1 700 m	274	124	109	49	34	- - -	- - -	- - -	- - -

- Impactos sobre los bosques de montaña por variación de las precipitaciones: EFI Baracoa, en Guantánamo.

❖ **EFI Baracoa.**

Los resultados de la evaluación arrojó los siguientes resultados:

**Tabla 23. Variación esperable de los límites de las precipitaciones medias acumuladas, para diferentes períodos de estudio en la zona de la EFI Baracoa.**

Periodo	Año	ΔPrecipitaciones (mm/año)	
		Mín.	Máx.
De referencia	1961- 2000	0,0	0,0
Corto plazo	2011- 2040	10,1	350,2
Mediano plazo	2041 - 2070	16,9	58,3
Largo plazo	2071 - 2099	24,1	83,1

De manera general se puede plantear que los cambios en la razón de la precipitación proyectados por los modelos son al incremento para los periodos evaluados, por lo que la tendencia futura del territorio comprendido por la EFI Baracoa será una evolución hacia un clima más húmedo, donde la región presentará mayores acumulados de la precipitaciones.

e) **Impactos esperables sobre los bosques naturales debidos al aumento de la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>.**

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 CO<sub>2</sub> sobre los bosques naturales del país, evaluándose en total la respuesta de 14 especies presentes en 14 de las 16 formaciones naturales existentes.

**f) Metodología para la estimación del carbono retenido por las empresas forestales y puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR.**

En correspondencia con los compromisos contraídos por Cuba como Parte de la CMNUCC, en la que se plantea que “...se deberá establecer también un sistema de inventario para registrar la absorción y las emisiones de carbono, *incluidas las procedentes de sus bosques...*”, fue elaborado y perfeccionado un sistema automatizado que a partir del proyecto de ordenación de la empresa forestal, permite establecer su balance de emisiones de carbono sin incluir las emisiones debidas a la preparación de suelo, a las ciénagas, ni al consumo por la empresa de combustibles renovables o fósiles, ni de electricidad, por lo que solo toma en consideración las modificaciones del patrimonio que la empresa administra, maneja y utiliza.

El sistema, soportado sobre Excel, incluye como elementos complementarios para las estimaciones:

- Una base de datos de densidad de la madera por especie, conteniendo más de 2200 registros.
- El cálculo particular del coeficiente de expansión de la biomasa para cada especie reportada en plantaciones certificadas.
- Una base de datos del contenido de carbono en la madera de especies existentes en Cuba, conteniendo más de medio centenar de determinaciones.
- La estimación de la densidad media de la madera, del coeficiente de expansión medio y del contenido promedio de carbono para cada formación natural.

A partir de la línea base de carbono obtenida por el sistema, se pueden generar simulaciones considerando diversas modificaciones de la gestión del patrimonio realizada por la empresa, a fin de valorar sus efectos sobre el balance de emisiones y poder formular recomendaciones técnicas sobre las posibles estrategias de mitigación a desarrollar.

El sistema fue sometido a dos procesos de validación que incluyeron en total ocho empresas forestales del país, con patrimonios cuya extensión comprendió desde menos de un municipio, hasta toda una provincia y que en su conjunto representaron una superficie superior al medio millón de hectáreas. Como resultado de esas evaluaciones fue posible obtener por primera vez, una estimación de la retención media de carbono por tipo de área del patrimonio forestal cubano, según se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 24. Carbono retenido por el patrimonio forestal de Cuba.**

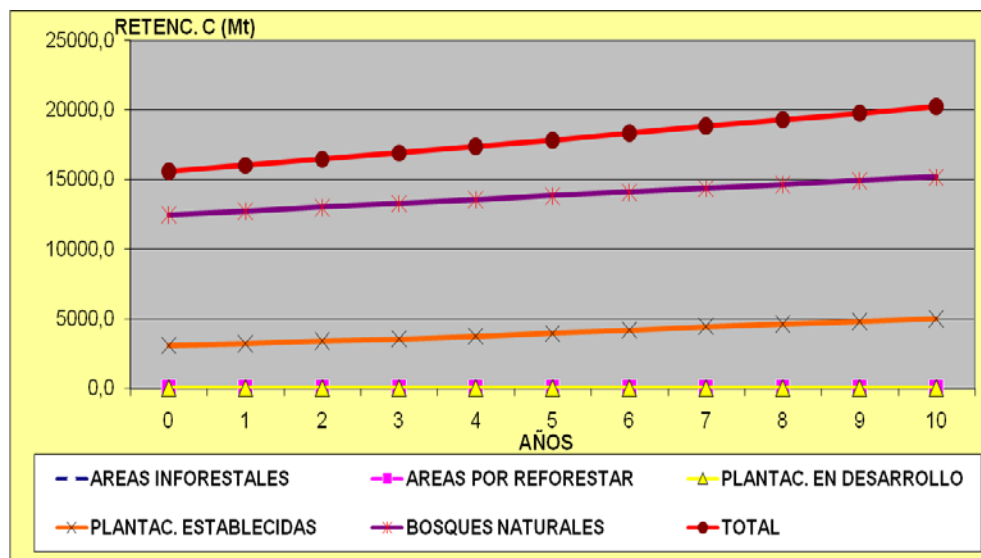
Tipo de área del patrimonio forestal	Superf. evaluada (ha)	Contenido de carbono (Gg C)			Contenido promedio C (Mg C/ha)
		Biomasa	Suelo	Total	
Plantaciones	35 007,8	3 443,5	3 918,0	7 662,2	218,87
Bosques naturales	416 845,2	53 585,4	31 933,0	89 075,2	213,69
Área por reforestar	24 893,9	681,1	946,0	1 627,1	65,36
Área inforestal	185 071,1	7 259,8	108 555,2	115 815,0	625,79

**❖ EFI Baracoa.**

Las plantaciones de la EFI Baracoa atendiendo a la dinámica forestal del año 2002, abarcan una superficie total de 54 877,9 ha de las cuales 13 613,5 ha corresponden a plantaciones adultas o establecidas, 855,9 ha pertenecen a plantaciones jóvenes o en desarrollo (MINAG, 2002).

Asumiendo que en los próximos 10 años la Empresa mantendrá un patrimonio y una gestión técnica similares al año base y considerando el desarrollo futuro de las plantaciones y bosques naturales existentes en el 2002, se proyectó la evolución temporal de la línea base de retención de carbono y de sus componentes, resultados que se presentan en la Figura 9.





**Figura 9. Línea base de la EFI Baracoa y sus componentes**

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

De las 142 especies arbóreas de las que Cuba tenía plantaciones establecidas al término de 2008 (MINAG, 2008), *Pinus caribaea* var. *caribaea* es la única que acumula más de 10 000 ha (Linares *et al.*, 2010), razón por la cual es también la especie que mayor cantidad de plantaciones con objetivo productor de madera se registra en el país y por tal motivo, fue la seleccionada para valorar el posible empleo del sistema CO<sub>2</sub>FIX v-1.2 en las condiciones nacionales.

Los datos de campo empleados fueron recolectados en el rodal 4, lote 36 de la Empresa Forestal Integral La Palma, provincia de Pinar del Río (Ponce y Álvarez, 2005), correspondiente a la Ordenación Forestal realizada en el año 2000, que tiene un área de 53 ha, diámetro medio de 21 cm, volumen total de 4 452 m<sup>3</sup> y 84 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> a los 21 años de edad de la plantación, en tanto que para simular los efectos que sobre el ciclo del carbono pudieran producir diferentes objetivos productivos y manejos silvícolas, fue empleado el sistema automatizado CO<sub>2</sub>-FIX del 1-1-1995, versión 1.2 (Garza y Masera, 1996).

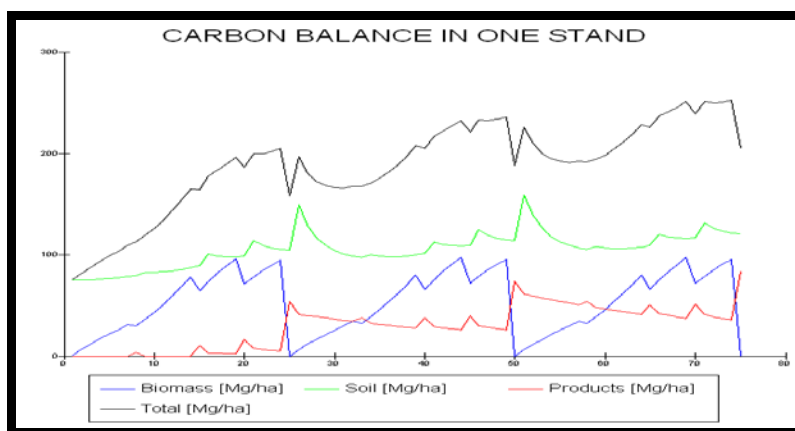
El sistema fue aplicado para una plantación pura y coetánea, manejada silvícolamente para alcanzar diferentes objetivos finales: producción de pulpa, de envases, de madera aserrada y para conservación de recursos genéticos.

Los datos utilizados como constantes en todas las corridas del sistema fueron: Densidad básica de la madera, Contenido de carbono en la materia seca, **Producción de varios componentes de la biomasa** (Coeficiente de producción anual para la biomasa del follaje, Coeficiente de producción anual para la biomasa de las ramas, Coeficiente de producción anual para la biomasa de las raíces, Fracción anual de mortalidad o autoraleo); **Tiempo promedio de residencia del carbono en los productos madereros** (en la madera muerta, la madera para energía, la madera para papel, la madera para envases, la madera aserrada y la madera para tableros); **Coeficientes de humificación y descomposición** (Coeficiente de humificación, Coeficiente de descomposición de la hojarasca, Contenido de carbono del humus, Coeficiente de descomposición del humus); Tabla de crecimiento, Asignación de nutrientes en relación con la edad y el Incremento relativo del peso seco con respecto al fuste, empleándose como fuentes las informaciones publicadas por Lastre (1988); Grá *et al.* (1989); Mohren y Nabuurs (1993); Rodríguez *et al.* (2002); Álvarez (2010) y Mercadet *et al.* (2010).

Los aspectos específicos para cada una de las cuatro corridas realizadas con el sistema fueron los inherentes a objetivo productivo final, turno de rotación, cantidad de rotaciones, raleos y el aprovechamiento.

El análisis comparativo de los resultados alcanzados para los distintos objetivos finales por año y turno de aprovechamiento considerados (Figura 10) indicó que en la medida en que la duración del turno de rotación aumenta, las retenciones mínimas y máximas de carbono por turno también aumentan, tanto en la biomasa en pie, como en el suelo, en los productos finales y en el total retenido (exceptuando el carbono retenido por los productos en el objetivo de conservación, que en realidad constituye un objetivo secundario).

Por su parte, el incremento medio anual de carbono presenta una tendencia temporal completamente opuesta, pues en la medida en que la duración del turno se alarga, su valor disminuye, como consecuencia de la paulatina disminución del proceso de crecimiento de los árboles en el tiempo, a medida que se aproximan a la madurez.

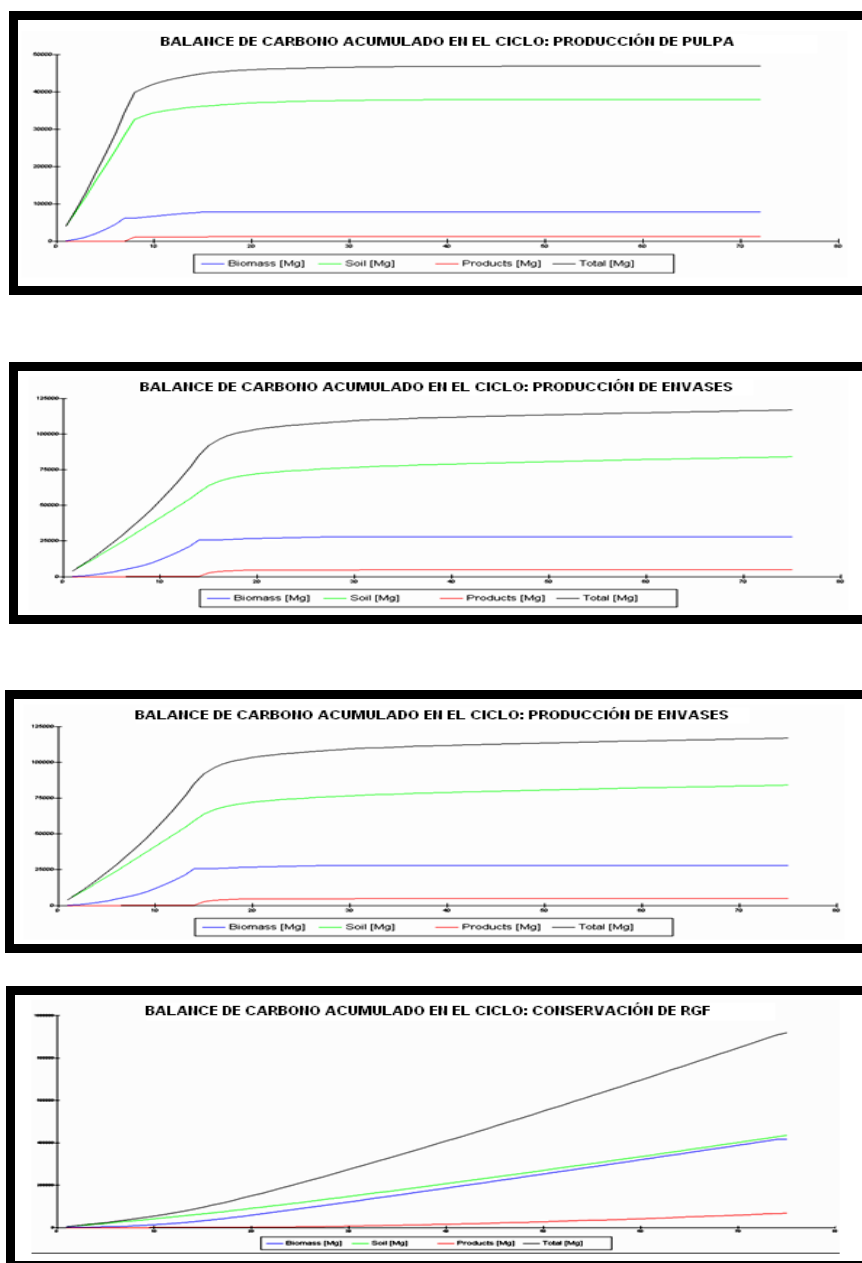


**Figura 10. Representación gráfica del flujo de carbono por rotación y depósito, asociado a la producción de madera aserrada con turnos de 25 años en Cuba.**

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.

A diferencia del análisis de los resultados por turno, el análisis por ciclo compara los resultados acumulados alcanzados en la retención de carbono para cada objetivo final, como consecuencia de todos los turnos efectuados, razón por la cual solo se justifica una valoración comparativa entre objetivos.

El análisis de la Figura 11 en valores absolutos demuestra que, mientras mayor es la duración del turno de rotación del rodal, mayor es la cantidad total de carbono que logra retenerse y de los tres posibles depósitos en los que el carbono se almacena, el que mayor cantidad logra retener es el suelo, con independencia del objetivo final de la plantación.



**Figura 11. Acumulado de carbono por depósito para todo el ciclo, en cada objetivo final**

Los resultados antes presentados demuestran que la simulación del flujo de carbono mediante el empleo del sistema CO<sub>2</sub>FIX, como alternativa para valorar los efectos que diferentes formas de manejo silvícola producen sobre la capacidad de retención de carbono del rodal en plantaciones de *P. caribaea*, constituye una herramienta útil adicional para el establecimiento, tanto de la línea base de carbono, como de la posible estrategia de mitigación a seguir con las plantaciones por las empresas forestales del país.

#### **h) 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 metodología a emplear para la planificación, certificación, bonificación, pago 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 bonificación de la retención de carbono producida por su ejecución, a la par que permita la emisión de créditos VERs, exportables al Mercado de Reducciones OTC.

#### i) Estimación del potencial de retención de carbono en la EFI Guantánamo.

Se definió la cantidad de carbono retenido por los bosques de la EFI Guantánamo para el año 2009 y se realizó una propuesta de estrategia de mitigación.

La EFI Guantánamo está ubicada en la provincia de igual nombre, la cual es la más oriental de la República de Cuba (Figura 9), comprende los Municipios Guantánamo, Caimanera, Manuel Tames, Salvador y Yateras. Sus límites geográficos son: Norte, Provincia de Holguín; Sur, Mar Caribe; Este Municipio San Antonio del sur y Baracoa; Oeste, con municipio Niceto Pérez y la Provincia Santiago de Cuba.

El total de carbono retenido por los bosques de la Empresa alcanza 2 924,2 MtC, la información desglosada se resume en la Tabla 25.

**Tabla 25. Estimación general del carbono retenido en la EFI Baracoa para el año base.**

Categoría	Total por depósitos de C (Mt)				PROM. (t/ha)
	Biomasa	Necromasa	Suelo	Empresa	
Plantaciones establecidas	20,25	40,09	576,71	637,05	135,9
Bosques naturales	0,81	2,17	1 890,06	1 893,05	74,4
Área por (re)forestar	92,66	-	234,74	327,40	
Área inforestal	0,82	-	65,87	66,69	
<b>Empresa</b>	<b>114,54</b>	<b>42,26</b>	<b>2 767,38</b>	<b>2 924,19</b>	<b>105,15</b>

De acuerdo con las características de la EFI Guantánamo, se ha considerado que la estrategia que puede adoptarse encaminada a mantener y/o aumentar las actuales existencias de carbono debe ser mediante el incremento de plantaciones (la entidad cuenta con un total de 6 177,4 ha de áreas por reforestar) o enriquecimiento de bosques empleando sobre todo aquellas especies de mayor retención de carbono como son pino de Mayarí (*Pinus cubensis* Bisse).y majagua (*Taliparitis elatum*) , ya que otras especies que acumulan un buen contenido de carbono son Ipil-ipil (*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit). y *Eucalyptus sp*, pero son especies a las cuales se les recomienda su sustitución paulatina en aquellas zonas identificadas por enfrentar un mayor riesgo de muerte regresiva (Niceto Pérez y Manuel Tames y Caimanera).

Otra medida a cumplimentar la entidad, es la prevención y reducción de la ocurrencia de incendios forestales mediante las medidas necesarias y conocidas tales como la construcción de trochas corta fuego, recogida de material residual después de efectuar cualquier tipo de tala, así como estar alerta a la presencia de plagas y enfermedades que puedan afectar a las plantaciones y establecer las medidas de control recomendadas.

#### j) Estimación de los incrementos medios anuales de volumen de madera en plantaciones de cinco especies.

Para la ejecución del Subproyecto se planificaron dos actividades principales:

1. Obtener la información de crecimiento de las cinco especies a partir de la base de datos de crecimiento de las parcelas experimentales de pruebas de especies y procedencias del IIF.
2. Evaluar el crecimiento de las cinco especies en las plantaciones establecidas por las Empresas Forestales Integrales.

Los resultados obtenidos se relacionan en las Tablas 26, 27 y 28.

**Tabla 26. Evaluaciones realizadas por especie.**

ESPECIE	LOCALIDAD	No. DE PARCELAS
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>caribaea</i> (Pino macho)	La Palma, Pinar del Río (incluye Marbajita, San Andrés y La Jagua) en sinergia con el proyecto “Comportamiento de los índices dasométricos y su relación con la retención de carbono en plantaciones de <i>P. caribaea</i> ” (007-03-119).	156
	San Pedro de Mayabón, Matanzas	13
	San Miguel de los Baños, Matanzas.	17
<i>Pinus maestrensis</i> (Pino de la Maestra)	Buey arriba, Granma, en sinergia con el Proyecto “Desarrollo de modelos matemáticos para la elaboración de tablas volumétricas en cuatro especies forestales de interés económico” (007-03-120).	144
	Cebolla Blanca, Granma	2
<i>Pinus cubensis</i> (Pino de Mayarí)	Unidad Silvícola Baracoa, Guantánamo, en sinergia con el Proyecto Desarrollo de modelos matemáticos para la elaboración de tablas volumétricas en cuatro especies forestales de interés económico” (007-03-120).	148
	Unidad Silvícola Sabanilla, Guantánamo.	2
<i>Eucalyptus pellita</i>	El Mijial, Bayamo	1
<i>Tectona grandis</i> (Teca)	Dos Rios, Jiguaní	1
	Arroyo Blanco	1
	El Contry	1
	San Miguel de los Baños, Matanzas	3

A partir del registro de las evaluaciones de altura y diámetro realizadas en los experimentos de introducción de especies, pruebas de procedencias y de progenie, se realizaron los cálculos de volumen y biomasa. Estos resultados se relacionan en la Tabla 27.

Con los datos de las evaluaciones realizadas en las plantaciones de las Empresas se realizaron los cálculos de volumen y biomasa, según se resumen en la Tabla 28.

**Tabla 27. Resumen de los cálculos de IMA de altura, diámetro y biomasa de las parcelas experimentales.**

ESPECIE	LOCALIDAD	IMA Altura	IMA Diámetro	IMA Biomasa
<i>P. caribaea</i>	Baracoa	1,01	1,59	5,52
	Baracoa	0,83	0,99	0,85
	Camaguey	1,18	1,60	5,25
	Guisa	1,13	1,61	3,93
	Guisa	0,95	1,89	8,09
	Itabo	1,28	1,98	8,69
	Tope de Collantes	0,90	1,29	2,90
	Tope de Collantes	1,35	1,94	10,23
	Tope de Collantes	1,33	1,89	14,61
	Tope de Collantes	1,73	0,28	11,94
	Tope de Collantes	1,06	1,64	1,91
	Viñales	0,97	1,07	2,77
	Viñales	0,91	1,41	4,07
	Viñales	0,97	1,07	2,77
	Viñales	1,14	1,26	3,26
	Viñales	1,43	1,86	5,35
	Viñales	1,33	1,78	5,87
	Viñales	1,42	1,99	4,64
	Viñales	1,49	2,31	3,26
	<b>MEDIA</b>	<b>1,23</b>	<b>1,62</b>	<b>5,67</b>
<i>P. tropicalis</i>	Guisa	0,77	1,47	7,50
	Viñales	1,19	1,09	2,25
	Viñales	0,63	0,84	1,99
	Viñales	0,43	0,77	1,08
	Viñales	0,60	1,04	2,07
	<b>MEDIA</b>	<b>0,72</b>	<b>1,04</b>	<b>2,98</b>
<i>P. maestrensis</i>	Baracoa	0,87	1,29	4,12
	Baracoa	0,78	0,86	1,20
	Guisa	0,97	1,17	3,98
	Guisa	0,96	1,69	7,24
	Guisa	0,91	1,39	4,30
	Tope de Collantes	1,14	1,42	7,55
	Viñales	0,67	1,03	3,26
	Guisa	0,97	1,14	4,53
	Viñales	0,67	0,80	1,45
	<b>MEDIA</b>	<b>0,88</b>	<b>1,20</b>	<b>4,18</b>
<i>P. cubensis</i>	Baracoa	0,64	0,89	1,70
	Baracoa	0,96	1,03	2,23
	Guisa	0,81	1,28	4,09
	Viñales	0,54	0,96	2,62
	Viñales	0,62	0,78	1,36
	<b>MEDIA</b>	<b>0,72</b>	<b>0,99</b>	<b>2,40</b>

**Tabla 28. Resumen de los cálculos de IMA de altura, diámetro y biomasa de las plantaciones de las EFL.**

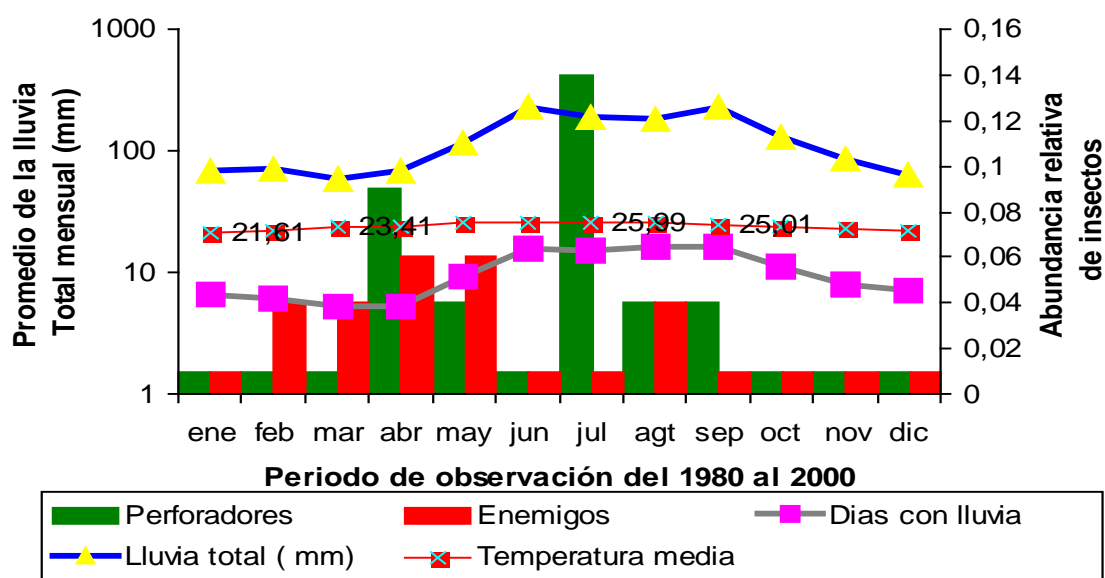
ESPECIE	LOCALIDAD	IMA Altura	IMA Diámetro	IMA Biomasa
<i>P. caribaea</i>	San Andrés, Pinar del Río	0,80	0,98	3,40
	La Jagua, Pinar del Río	0,93	1,11	3,89
	Marbajita, Pinar del Río	0,68	0,87	2,44
	San Miguel de los Baños, Matanzas	1,33	1,87	26,21
	San Pedro de Mayabón, Matanzas	0,86	1,09	7,35
	<b>MEDIA</b>	<b>0,92</b>	<b>1,18</b>	<b>8,66</b>
<i>P. maestrensis</i>	Buey Arriba, Granma	0,59	1,49	1,97
	Cebolla Blanca, Granma	1,48	2,11	9,70
	<b>MEDIA</b>	<b>1,04</b>	<b>1,80</b>	<b>5,84</b>
<i>P. cubensis</i>	Unidad Silvícola Baracoa	0,65	0,81	3,81
	Unidad Silvícola Sabanilla	0,83	1,28	37,58
	<b>MEDIA</b>	<b>0,74</b>	<b>1,05</b>	<b>20,70</b>
<i>T. grandis</i>	San Miguel de los Baños	0,74	0,86	1,45
	Arroyo Blanco, Guisa	1,44	2,05	32,41
	El Contry, Bayamo	0,72	1,10	13,12
	<b>MEDIA</b>	<b>0,97</b>	<b>1,34</b>	<b>15,66</b>
<i>E. pellita</i>	El Mijial, Bayamo	2,9	2,44	33,87

Los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones y mediciones efectuadas se consideran insuficientes para ser aceptados de forma definitiva como los incrementos promedio propios de esas especies en el país; sin embargo y a pesar de ello, constituyen un importante paso de avance en la sustitución de los valores por defecto ofrecidos por el IPCC cuando no existen otros disponibles y con respecto a estos, representan una disminución del nivel de incertidumbre asociado a las estimaciones de carbono por el sector forestal en el país.

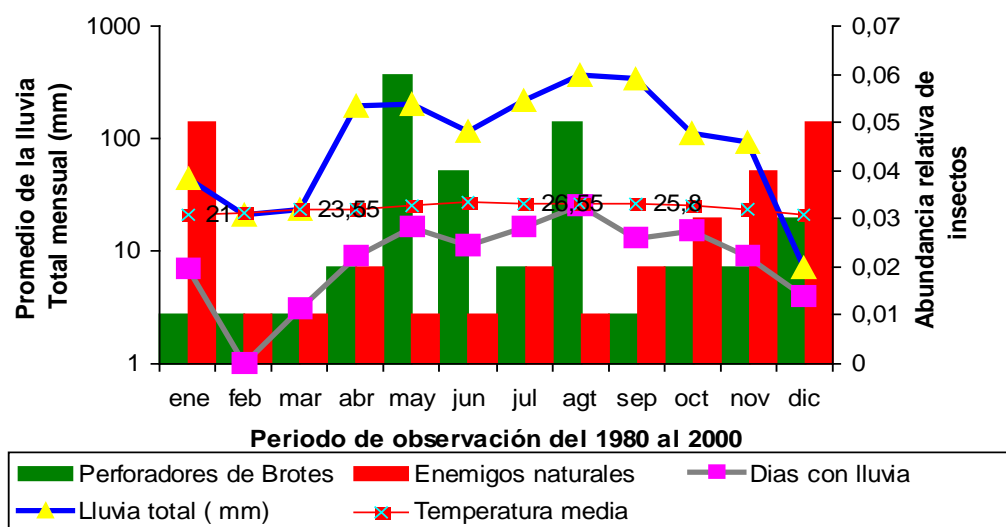
**k) Evaluación de las vulnerabilidades de los bosques a las principales plagas forestales cubanas bajo los efectos del cambio climático.**

Se definieron las siguientes cinco variables (cuantitativas) dependientes: Defoliadores, Descortezadores, Enemigos naturales, Perforadores de los brotes y Xilófagos y se consideraron tres variables independientes: **La temperatura media mensual de la superficie del aire (TEMP)** promedio de la media mensual durante el periodo 1980 al 2000 para cada municipio; **Días con lluvia (DIAS):** Promedio del acumulado mensual durante el periodo para cada municipio y **Lluvia total (LLUVIA): El promedio de la precipitación acumulada** en cada mes por municipios, durante el mismo periodo. Todos obtenidos de la base de datos climáticos del Instituto de meteorología del periodo 1980-2008 (INSMET, 2008), excepto el municipio de Viñales que se tomaron los datos del pluviómetro de la localidad y los datos de temperatura de la Estación Experimental Forestal de Viñales. Para conocer la relación que tenía cada una de las variables dependientes con las variables climáticas se realizaron correlaciones (no paramétricas) de gama de Spearman. Para procesar los datos se usó el sistema EXCEL y para analizar las tendencias la version 5.1 del sistema estadístico STATGRAPHIC PLUS.

Se pudo observar en el Municipio de Minas de Matahambre (Figura 12) y en Viñales (Figura 13) que el grupo de los perforadores de los brotes tuvo la tendencia de presentar la mayor abundancia en los meses más cálidos y de mayores precipitaciones, mientras que sus enemigos naturales presentaron la mayor abundancia en los meses más frescos.



**Figura 12. Relación entre la abundancia de los insectos perforadores de los brotes y sus enemigos naturales y los factores climáticos medidos en el municipio de Minas de Matahambre.**



**Figura 13. Relación entre la abundancia de los insectos perforadores de los brotes y sus enemigos naturales y los factores climáticos medidos en el municipio de Viñales**

En el caso de los enemigos naturales (Tabla 29) en el municipio Viñales resultó su abundancia inversamente relacionada con la temperatura media del aire.

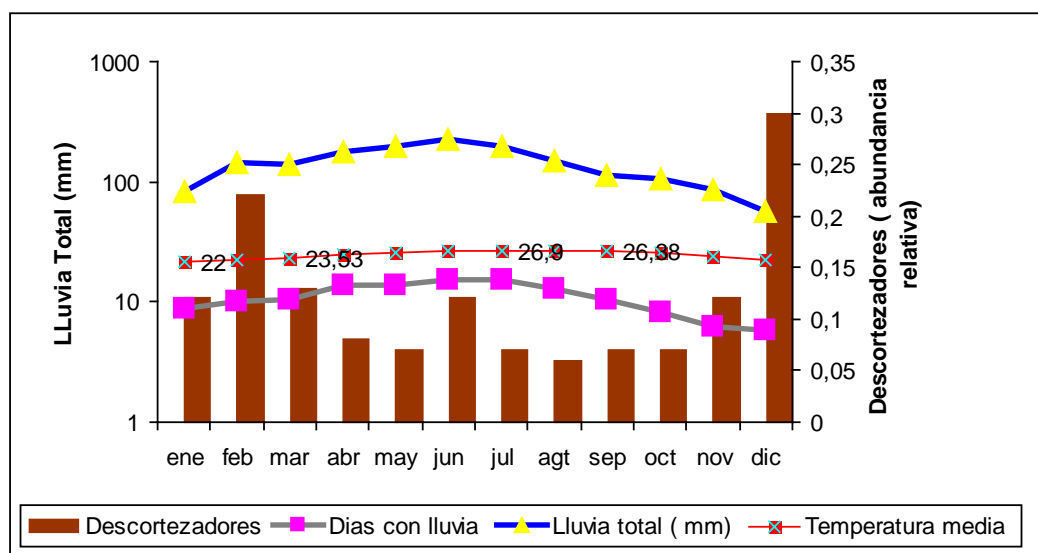


**Tabla 29. Resultados de la relación entre la abundancia de los insectos nocivos y los factores climáticos estudiados en Viñales, Pinar del Río.**

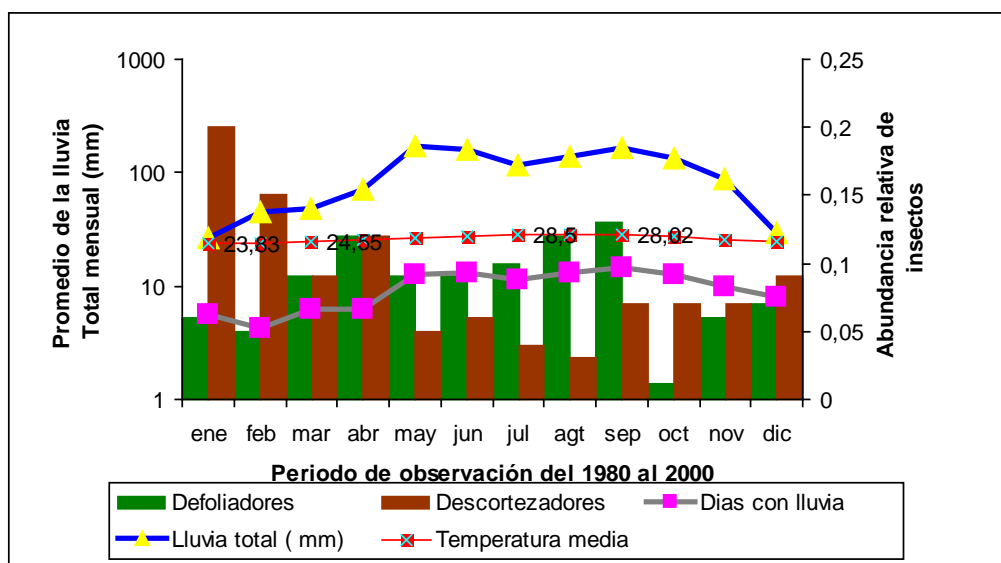
Variables Independ	Variables dependientes				
	DEFOL	DESC	ENEMIGOS	BROTES	XILOFAGO
TEMP	0,42 0,17	-0,33 0,28	-0,61** 0,03	0,53 0,17	-0,15 0,17
DIAS	0,10 0,73	-0,22 0,48	-0,42 0,72	0,16 0,40	-0,29 0,34
LLUVIA	0,42 0,17	-0,48 0,11	-0,44 0,60	0,40 0,16	-0,40 0,19

\*\* Correlación significativa al 95% según prueba de rangos de Spearman (Statgraphic Plus, versión 5.1)

En el caso de los descortezadores de los pinos, se observó la mayor tendencia en los meses de menores precipitaciones. Esta tendencia pudo observarse mejor en el municipio de La Palma (Figura 14) y en el de Camagüey (Figura 15).



**Figura 14. Relación entre la abundancia de los insectos descortezadores y los factores climáticos medidos en el municipio de La Palma.**



**Figura 15. Relación entre la abundancia de los insectos defoliadores y descortezadores y los factores climáticos medidos en el municipio de Camagüey.**

En el municipio de Camagüey la abundancia de los descortezadores resultó inversamente relacionada (Tabla 30) con la lluvia total y los días con lluvia.

**Tabla 30. Relación entre la abundancia de los descortezadores y la lluvia en Camaguey.**

Variables Independ	Variables dependientes				
	DEFOL	DESC	ENEMIGOS	BROTES	XILOFAGO
LLUVIA	0,19 0,54	-0,65** 0,02	-0,56 0,056	0,44 0,14	-0,70 0,06
DIAS	0,28 0,37	-0,70** 0,01	-0,40 0,18	0,21 0,49	-0,34 0,26
TEMP	0,41 0,18	-0,77 0,06	-0,29 0,34	0,53 0,07	-0,06 0,83

\*\* Correlación significativa al 95% según prueba de rangos de Spearman (Statgraphic Plus, versión 5.1)

Los insectos xilófagos presentaron una abundancia distribuida de forma homogénea por todos los meses y no se pudo apreciar alguna tendencia, quizás debido a que solo se colectaron directamente dentro de ramas y tallos y no se usaron trampas de luz o feromonas para detectar su incidencia.

Las especies forestales que presentaron la mayor cantidad de registros de plagas, fueron *Pinus caribaea* y *Pinus maestrensis*.

Por informes anteriores se conoce que la mayoría de los brotes epidémicos de plagas de insectos forestales en Cuba se han producido en bosques artificiales monoespecíficos de *P. caribaea* y en localidades donde no existía dicha especie de forma natural, como son los casos de: la unidad silvícola “La Fe” (Zona el algodonal) Guanahacabibes, Pinar del Río, en los cuales los escolítidos afectaron más de 680 ha. , lo que constituía más del 50% de lo plantado en dicha zona y en La Gran Piedra, Santiago de Cuba, donde se desarrollaron 22 focos que afectaron a más de 2,000 ha de dicha especie de pino. Nuestros resultados coinciden con estos informes, así como también los registros históricos de los inventarios anteriores por lo

que pone de manifiesto la vulnerabilidad de las especies forestales cuando se encuentran en plantaciones artificiales o fuera de su área de distribución natural.

La evaluación de la relación entre la abundancia de los insectos y la temperatura media del aire en el periodo 1980-2000, indica una menor abundancia de los enemigos naturales, en los municipios de Minas de Matahambre y Viñales, en los meses de mayores temperaturas. La evaluación de la relación entre la abundancia de los insectos y la lluvia total en el periodo 1980 al 2000, indica una mayor abundancia de los descortezadores, en los municipios de la Palma y Camagüey, en los meses de menores precipitaciones. Debido a estos impactos, se espera una mayor vulnerabilidad de las especies forestales hospedantes, en estas localidades durante el siglo XXI.

# **l) Valoración de las técnicas agroforestales como alternativa para la retención de carbono y recomendaciones para su aplicación en el país.**

1. Se evaluó la retención de carbono en los sistemas agroforestales siguientes: Estación Experimental Forestal de Guisa; Cuenca del río Guisa. Zona Victorino; Cuenca del río Bayamo (subcuenca río Cupeiní); Precordillera norte de la Sierra Maestra. El Corojito oeste.

## ➤ **Parcela silvopastoril La Caoba. Estación Experimental Forestal Guisa.**

**Tabla 31. Comportamiento de las especies forestales en la parcela silvopastoril La Caoba, en la EEF Guisa.**

Especie	Edad (años)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Espaciamiento	Carbono retenido por la biomasa (t)
Swietenia macrophylla	9	6,62	9,27	3 x 3	1,88
	10	7,12	7,12	3 x 3	2,20
	30	19,43	29,56	7 x 7*	13,61
Khaya nyasica	9	7,43	10,5	3 x 3	2,24
	10	8,87	11,84	3 x 3	3,27
	30	20,71	37,60	8 x 8*	14,33
Khaya senegalensis	9	6,8	10,43	3 x 3	2,92
	10	8,13	12,03	3 x 3	4,65
	30	24,94	34,06	8 x 8*	21,68

\* se realizó raleo entre los 10-15 años de edad.

El área experimental abarca un área total de 0,55 ha.

## ➤ **Cuenca Río Guisa.**

En la región montañosa de la Sierra Maestra, se desarrolló una experiencia agroforestal importante, encaminada a demostrar cómo detener los procesos erosivos y restituir la fertilidad de los suelos, en las vertientes que tributan hacia la cuenca del río Guisa, cuya vegetación natural fue talada y el suelo se degradó por el cultivo irracional del café, frutos menores y la ganadería extensiva.

El suelo de la parcela es del tipo Ferralítico Rojo Amarillento (Renda *et al*, 1992), la cual está ubicada a 700 m snm con pendiente entre 26% y 40% y se acondicionó el terreno con laboreo mínimo, conformándose terrazas de banco de 2 m de ancho y 80-100 m de largo, para establecer cultivos y fajas forestales de 20, 12 y 4 m de ancho, alternando con las de cultivos en dirección perpendicular a la pendiente.

Sobre el desarrollo y crecimiento de los árboles de las fajas forestales alternas después de 2,5, 5 y 10 años de establecido el sistema de producción agroforestal, puede verse en la Tabla 32 que *Albizzia falcataria*

fue la que alcanzó mayor desarrollo expresado en altura y d<sub>1,30</sub> en las tres fajas. La supervivencia de todas las especies estuvo entre 83 y 87%.

**Tabla 32. Comportamiento de las especies forestales en la parcela agroforestal Victorino. Cuenca del río Guisa.**

Especies	Ancho de la faja forestal							
	20 m		12 m		4 m		Media	
	Altura (m)	d <sub>1,30</sub> cm	Altura (m)	d <sub>1,30</sub> cm	Altura (m)	d <sub>1,30</sub> cm	Altura (m)	d <sub>1,30</sub> cm
<b>2,5 AÑOS DE EDAD</b>								
<i>Swietenia macrophylla</i>	2,45		2,12		1,85		2,14	
<i>Gerascanthus gerascanthoides</i>	1,06		1,41		0,98		1,15	
<i>Caesalpineia violacea</i>	1,18		1,60		1,10		1,29	
<i>Albizzia falcataria</i>	5,11		5,34		4,35			
<b>5 AÑOS DE EDAD</b>								
<i>Swietenia macrophylla</i>	5,86	6,84	5,29	6,56	5,63	6,57	5,59	6,56
<i>Gerascanthus gerascanthoides</i>	4,57	2,49	5,02	3,38	5,0	3,07	4,86	2,98
<i>Caesalpineia violacea</i>	4,55	4,67	4,86	4,24	3,13	2,6	4,18	3,83
<i>Albizzia falcataria</i>	13,70	31,50	14,27	28,24	13,81	23,47	13,92	27,73
<b>10 AÑOS DE EDAD</b>								
<i>Swietenia macrophylla</i>	8,7	14,3	8,7	13,1	9,1	14,0	8,83	13,8
<i>Gerascanthus gerascanthoides</i>	7,1	7,4	7,4	8,2	5,8	4,2	6,76	6,6
<i>Caesalpineia violacea</i>	4,6	7,1	8,8	6,5	8,1	6,2	7,16	6,6
<i>Albizzia falcataria</i>	23,2	49,2	23,7	53,3	22,0	44,2	22,96	48,9

De acuerdo con los resultados de las evaluaciones, *S. macrophylla* en las tres fajas ocupa el 64,3% del total de árboles plantados, con 543 árboles. Sin embargo *A. falcataria*, ocupa sólo el 4,8% del total de árboles con 38 árboles.

Del cálculo del carbono retenido se obtuvo que a los 5 años *S. macrophylla* tenía 4,53 t de carbono mientras que *A. falcataria* contaba con 16,30 t. A los 10 años *S. macrophylla* retenía 15,29 t y *A. falcataria* 61,08 t. Estas dos especies representan el 69% de los árboles establecidos en el sistema agroforestal. Estos datos demuestran el aporte que realizan al secuestro y retención de carbono de los sistemas agroforestales y que hay que tener en cuenta también en la selección de especies las características de crecimiento de las especies, ya que la cantidad de carbono retenido a los 10 años por *S. macrophylla*, es similar al retenido por *A. falcataria* a los 5 años.

➤ **Cuenca del río Bayamo. Sub cuenca río Cupeinicú.**

En la premontaña norte de la Sierra Maestra, en la subcuenca del río Cupeinicú, tributaria del río Bayamo, que está cubierta en un 65% aproximadamente de bosques latifolios naturales y plantaciones, En esta misma subcuenca, en una microcuenca de tamaño de 1 km<sup>2</sup> aproximadamente, dedicada a los cultivos anuales sin la aplicación de medidas de conservación de suelos (yuca, frijol, maíz, boniato, etc), se evaluó en 1998, la efectividad de la faja forestal establecida 10 años antes con el objetivo de disminuir la erosión del suelo, con un ancho de 50 x 20 m (0,1 ha). Estos resultados se muestran en la Tabla 33.

**Tabla 33. Dinámica del crecimiento de especies forestales en la faja forestal en una subcuenca agrícola. Cuenca del río Cupeinicú, Guisa.13 años.**

ESPECIES	DIAMETRO MEDIO (cm)	ALTURA MEDIA (m)
<i>Gerascanthus gerascanthoides</i>	18,1	13,6
<i>Swietenia macrophylla</i>	21,5	14,3
<i>Callophyllum brasiliensis</i>	17,5	12,9
<i>Caesalpineae violaceae</i>	19,3	9,7
<i>Talipariti elatum</i>	29,8	15,1

El área contaba con 250 árboles, lo que permite estimar unas 46,83 t de carbono total retenido en 0,1 ha.

➤ **Precordillera norte de la Sierra Maestra. El Corojito.**

Esta finca está ubicada en la precordillera Norte de la Sierra Maestra, Municipio Guisa, provincia Granma. Tiene una altitud entre 160 y 220 m y pendientes que oscilan entre 5 y 45%. La vegetación circundante está comprendida dentro del bosque semicaducifolio sobre suelo calizo y sus suelos se clasifican como Pardo sin Carbonato Típico sobre rocas ígneas. La superficie total de la finca es de 57,3 ha y desde 1959 hasta 1980 estuvo dedicada a la explotación irracional de la ganadería extensiva con mezcla de ganado vacuno, ovino, caprino y caballo (Jiménez, 1989).

En 1981 con el Proyecto FAO denominado “Desarrollo de Sistemas estables agrosilvopastoriles en la Sierra Maestra” se selecciona esta finca para aplicar técnicas agroforestales: Agrosilvícola en “Corojito oeste” cubriendo 30 ha y Silvopastoril en “Corojito este” con 27,3 ha.

Las especies arbóreas utilizadas fueron:

- *Swietenia macrophylla* King (Caoba de Honduras), en la parte baja en orillas de cañadas y en laderas con un espaciamiento de 2 x 2 m.
- *Gerascanthus gerascanthoides* L. (Baría), en la parte baja en orillas de cañadas y en laderas con un espaciamiento de 2 x 2 m.
- *Colubrina arborescens* Mill Sarg. (Bijaguara), enriquecimiento del bosque natural.
- *Samanea saman* Jacq. Cerril (Algarrobo de olor), enriquecimiento del bosque natural.
- *Swietenia* sp. (Caoba híbrida), laderas de mayor exposición solar con un espaciamiento de 2 x 2 m.
- *Cedrela odorata* Sw. (Cedro), bajo dosel de *Leucaena leucocephala* con un espaciamiento de 8 x 8 m.
- *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit (Ipil-Ipil), a 2m de la cerca perimétrica con un espaciamiento de 2 x 1 m. Faja protectora de 8 m de ancho con cinco hileras.
- *Gliricidia sepium* Jacq. Steud (Piñón florido), en la cerca periférica de la parcela con un espaciamiento de 2m.

**Tabla 34. Crecimiento en altura y diámetro y carbono retenido  
por las especies forestales del sistema agoroforestal.**

Especies	Edad (años)	Altura (m)	d <sub>1,30</sub> (cm)	Cantidad de árboles	Área (ha)	Carbono total retenido (t)
Swietenia macrophylla	6	8,97	11,42	289	0,15	28,00
	26	10,10	15,7	260	0,15	35,25
Gerascanthus gerascanthoides	6	4,39	5,21	461	0,187	26,29
	26	7,75	7,11	346	0,187	28,04
Swietenia sp. (Caoba híbrida)	2	1,82	2,38	123	0,29	38,20
	22	12,97	10,56	92	0,29	41,14
Leucaena leucocephala	7	10,08	9,59	60	0,12	17,10
	27	15,92	22,36	45	0,12	23,59
Colubrina arborescens	5	5,31	5,36	291	0,187	25,86
	No fue evaluada en 2008					

Nota: Carbono total: carbono biomasa+ carbono necromasa+ carbono suelo

- Se realizaron evaluaciones en cinco Fincas Forestales Integrales y dos UBPC, para conocer el comportamiento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y la retención de carbono. Estas entidades son: Finca Los Mangos, Bahía Honda, Pinar del Río; UBPC Guamutas y El Zapato en Colón y Martí respectivamente, provincia Matanzas; Fincas El Aguacate (Guisa), 19 de Mayo (Jiguaní), El Graniche (Guisa) y La Caoba II (Guisa), en la provincia Granma.

Los resultados son los siguientes:

#### ❖ Evaluación de las emisiones de GEI

**Tabla 35. Resumen de las emisiones de las actividades agrícolas y pecuarias (cierre 2007).**

Entidad	Arroz (Gg de CH <sub>4</sub> )	Cantidad de animales	Fermentación entérica del ganado (Gg de CH <sub>4</sub> )	Manejo de estiércol (Gg de NO <sub>2</sub> )	Manejo de estiércol (Gg de CH <sub>4</sub> )	Total Emisiones en CO <sub>2</sub> -E
UBPC Guamutas	14,08x10 <sup>-4</sup>	405	72,19 x 10 <sup>-7</sup>	88,91 x 10 <sup>-9</sup>	27,36 x 10 <sup>-8</sup>	1,85 x 10 <sup>-4</sup>
UBPC El Zapato	-----	1863	51,76 x 10 <sup>-6</sup>	52,46 x 10 <sup>-8</sup>	12,34 x 10 <sup>-7</sup>	1,28 x 10 <sup>-3</sup>
Fca. El Graniche	-----	34	12,35 x 10 <sup>-8</sup>	59,59 x 10 <sup>-10</sup>	55,28 x 10 <sup>-10</sup>	4,56 x 10 <sup>-6</sup>
Fca. 19 de Mayo	-----	110	50,85 x 10 <sup>-8</sup>	72,35 x 10 <sup>-10</sup>	28,60 x 10 <sup>-9</sup>	1,35 x 10 <sup>-5</sup>
Fca. La Caoba II	-----	35	15,63 x 10 <sup>-8</sup>	39,16 x 10 <sup>-10</sup>	60,94 x 10 <sup>-10</sup>	4,62 x 10 <sup>-6</sup>
Fca. El Aguacate	-----	69	15,51 x 10 <sup>-8</sup>	11,76 x 10 <sup>-9</sup>	14,96 x 10 <sup>-9</sup>	7,22 x 10 <sup>-6</sup>
Fca. Los Mangos	-----	74	41,39 x10 <sup>-8</sup>	32,83 x 10 <sup>-9</sup>	32,02 x 10 <sup>-9</sup>	1,96 x 10 <sup>-5</sup>

**Tabla 36. Resumen de las emisiones de las actividades agrícolas y pecuarias (cierre 2008).**

Entidad	Arroz (Gg de CH <sub>4</sub> )	Cantidad de animales	Fermentación entérica del ganado (Gg de CH <sub>4</sub> )	Manejo de estiércol (Gg de NO <sub>2</sub> )	Manejo de estiércol (Gg de CH <sub>4</sub> )	Total Emisiones en CO <sub>2</sub> -E
UBPC Guamutas	14,08x10 <sup>-4</sup>	365	84,14 x 10 <sup>-7</sup>	56,88 x 10 <sup>-9</sup>	20,55 x 10 <sup>-8</sup>	1.99 x 10 <sup>-4</sup>
UBPC El Zapato	-----	1910	55,47 x 10 <sup>-6</sup>	32,73 x 10 <sup>-8</sup>	11,90 x 10 <sup>-7</sup>	1.29 x 10 <sup>-3</sup>

En la UBPC Guamutas de 159 cabezas de ganado en el 2007, aumentó a 253 en el 2008, provocando el incremento de las emisiones de metano por fermentación entérica.

**Tabla 37. Resumen de las emisiones de las actividades pecuarias (cierre 2009).**

Entidad	Arroz (Gg de CH <sub>4</sub> )	Cantidad de animales	Fermentación entérica del ganado (Gg de CH <sub>4</sub> )	Manejo de estiércol (Gg de NO <sub>2</sub> )	Manejo de estiércol (Gg de CH <sub>4</sub> )	Total Emisiones en CO <sub>2</sub> -E
UBPC Guamutas	-----	646	69,30 x 10 <sup>-7</sup>	46,59 x 10 <sup>-9</sup>	20,40 x 10 <sup>-8</sup>	1,64 x 10 <sup>-4</sup>
UBPC El Zapato	-----	1500	46,90 x 10 <sup>-6</sup>	52,44 x 10 <sup>-9</sup>	98,55 x 10 <sup>-8</sup>	1,02 x 10 <sup>-3</sup>

❖ **Evaluación de la retención de carbono por el componente arbóreo.**

De la evaluación de retención de carbono se obtuvieron los siguientes resultados para cada entidad:

**Tabla 38. Resumen de la evaluación del carbono retenido en las diferentes entidades. Año 2007.**

Entidad	Especies	Edad (años)	Area (ha)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Carbono total Retenido (t)
UBPC Guamuta	Acacia mangium	3	17,1	4,15	6,08	1 169,73
	Acacia mangium	4	10	6,21	8,85	1 415,84
	Eucalyptus sp.	3	5	6,8	7,02	727,32
	Eucalyptus sp.	4	6	7,24	7,59	891,56
	Neem	2	69 árboles	2,71	3,68	0,084
	Aguacate	2	160 árboles	2,12	3,02	0,023
	Almácigo	2	15 árboles	3,25	6,43	0,053
	<b>TOTAL</b>					<b>4 204,61</b>
UBPC El Zapato	Ipil-Ipil	9	192,0	7,4	12,16	35 963,65
	Cayeput	6	0,3	5,29	7,37	43,70
	Almacigo		13 árboles	5,35	24,7	1,45
	<b>TOTAL</b>					<b>3 6008.8</b>

Entidad	Especies	Edad (años)	Area (ha)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Carbono total Retenido (t)
Fca. 19 de Mayo	Algarrobo del país	11	2	7,7	18,65	319,8
	Algarrobo del país	11	1,5	7,62	17,49	321,23
	Algarrobo del país	10	2	7,5	17,3	338,95
	Algarrobo del país	10	0,5	7,0	12,46	75,82
	Yarúa	7	0,6	6,25	5,19	85,1
	Yarúa	10	0,4	5,78	4,91	52,91
	Algarrobo indio	11	0,85	13,54	18,40	173,07
	Teca	11	0,9	7,97	10,22	161,9
	Majagua	12	0,7	10,0	14,83	176,84
	<b>TOTAL</b>					<b>1705.62</b>
Fca. La Caoba II	Soplillo	6	1	6,29	6,12	164,85
	Ipil-Ipil	6	4	7,80	7,31	720,23
	Ipil-Ipil	6	2	5,34	5,38	283,41
	Ipil-Ipil	5	13	6,16	6,31	1864,53
	Ipil-Ipil	5	10	4,26	4,44	1353,15
	<b>TOTAL</b>					<b>4386.17</b>
Fca. El Aguacate	Soplillo	8	2	8,5	12,43	368.20
	Soplillo	7	7	7,68	10,74	1208.45
	Soplillo	6	3	7,21	8,13	453.64
	Soplillo	5	15	5,70	6,52	2170.26
	<b>TOTAL</b>					<b>4200.55</b>
Fca. El Graniche	Soplillo	11	8	9,75	10,33	1049,84
	Soplillo	7	12	6,51	7,78	1574,77
	<b>TOTAL</b>					<b>2624.61</b>
Fca. Los Mangos	Palma Real			12,48	43,56	60,27
	Macurije	2		3,448	3,304	0,081
	Ocuje	4		4,54	4,1	0,082
	Acacia mangium	2	2	3,728	3,7	20,70
	Guara			4,28	4,3	0,027
	Pomarrosa			6,14	9,925	0,44
	Roble prieto			6,62	7,325	0,521
	Copey			9,16	11,25	0,19
	Almacigo			6,58	10,875	0,84
	Piñon florido			4,476	8,24	0,52
	Yamao			10,66	19,77	3,10
	Pino macho	4	4	4,676	6,02	83,52
	Majagua	4	1,5	4,896	7,54	9,12
	Acacia mangium	4	3	8,02	12,4	104,43
	Acacia mangium	4	2,5	11,78	24,38	486,32
	Caoba de Honduras	4	2	3,62	3,5	3,89
	<b>TOTAL</b>					<b>770.161</b>



**Tabla 39. Resumen de la evaluación del carbono retenido en las diferentes entidades. Año 2008.**

Entidad	Especies	Edad (años)	Area (ha)	Altura (m)	Diámetro (cm)	Carbono total retenido (t)
UBPC Guamuta	Acacia mangium	4,5	17,1	9,7	13,75	3 281,68
	Acacia mangium	5,5	10,0	10,65	14,02	1 790,95
	Eucalyptus sp.	4,5	5,0	10,29	10,94	885,85
	Eucalyptus sp.	5,5	6,0	10,72	12,09	1 084,55
	Neem	3,5	66 árboles	5,15	11,76	1,58
	Aguacate	3,5	118 árboles	5,29	5,19	0,37
	Almácigo	3,5	13 árboles	4,28	10,98	0,24
	Yambolán	4	42 árboles	4,87	7,75	0,39
	<b>TOTAL</b>					<b>7045.61</b>
UBPC El Zapato	Ipil-Ipil	9	192	7,56	11,75	32 832,67
	Cayeput	6	0,3	6,81	10,41	49,41
	Gmelina	6	1,5	4,27	6,20	197,49
	Casuarina	-----	0,5	12,82	14,24	65,83
	Albizzia lebbeck	-----	0,3	4,29	6,91	39,56
	<b>TOTAL</b>					<b>33184.96</b>

En el caso de la UBPC El Zapato, en la disminución del carbono retenido influyó la tala del lindero de almácigo y 50 árboles de leucaena (de un total de 2000 árboles en el año 2007, en el 2008 existían 1950 ejemplares). Esto incidió en la disminución del diámetro medio y por ende en la biomasa.

**m) Identificación del contenido de carbono en los suelos existentes en el patrimonio forestal nacional.**

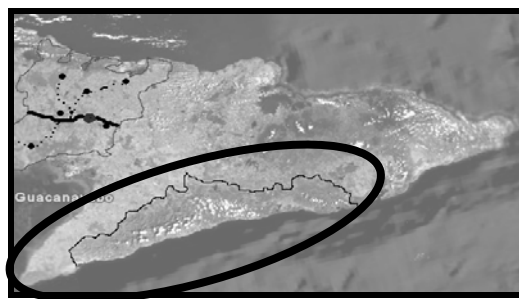
Se realizó la valoración del contenido de carbono en suelos de vocación forestal (Ferralítico Rojo Amarillento, Fersialítico Rojo Parduzco Ferromagnesial, Ferrítico y Pardo sin Carbonato) partiendo de los estudios de suelos realizados en décadas anteriores por el IIF.

La metodología utilizada fue la siguiente:

El contenido de carbono se determinó a partir del nivel de materia orgánica (%) existente hasta la profundidad seleccionada, este fue multiplicado por el factor 0,58, que significa que el 58% de la materia orgánica es carbono, luego se multiplica por 10 000 para llevar a gramos tal contenido y este resultado se divide entre un 1 000 000 para convertirlo en tonelada. Finalmente el cociente (contenido de C en la materia orgánica) se multiplica por el valor de la densidad aparente (peso volumétrico), según el comportamiento de la composición mecánica del suelo a la profundidad asumida para el cálculo de contenido de carbono. Similar método fue utilizado por (Bashkin & Binkley, 1998, citado por Gutiérrez y Lopera, 2001; Mohamed *et al.*, 2007).

❖ **Ferralítico Rojo Amarillento.**

Los tipos de suelos Ferralítico encontrados y diagnosticados en el Sistema Montañoso Sierra Maestra (Figura 16) ocupan las elevaciones superiores por ambas vertientes, a partir de 450 m snm aproximadamente



**Figura 16. Ubicación de la Sierra Maestra.**

**Tabla 40. Algunos datos químicos del suelo Ferralítico Rojo Amarillento de la Sierra Maestra.**

Uso	Prof. (cm)	Conteni do de MO (%)	Contenido de Carbono (t/ha)	pH (en agua)	Cationes cambiabiles (cmol*kg <sup>-1</sup> )				
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma
Pinus maestrensis de 11 años, El Manguito	0 - 30	2,01	51,29	5,15	1,25	1,25	0,13	0,17	2,81
Pinus caribaea de 13 años, Las Guásimas	0 -30	4,85	123,8	5,2	1,25	1,83	0,86	0,51	2,81
Pinus caribaea de 13 años, La Alcarraza	0 - 30	5,19	132,44	4,1	1,87	0,94	0,06	0,02	2,94
Pluvisilva degradada	0 - 30	3,27	83,53	5,5	7,50	5,00	0,58	0,08	13,16
Pinar natural P, maestrensis	0 -30	6,43	164,09	4,55	1,88	3,13	0,19	0,025	5,19
Pinar natural P, maestrensis de 50 años (estimada)	0 - 30	12,8	326,6	4,3	2,50	1,87	0,53	0,35	5,25
Pastos	0 - 30	2,17	55,50	5,8	2,50	2,70	0,07	0,04	5,31
Pastizal degradado	0 - 30	1,63	41,64	4,67	2,40	2,3	0,05	0,04	4,79

En la tabla anterior se puede observar que en diversas plantaciones de *Pinus caribaea* Morelet var *caribaea* Barret y Golfari y *Pinus maestrensis* Bisse de diferentes edades, el contenido de materia orgánica fluctúa entre 2, 01 % y 5,19 %, representando un nivel de carbono retenido entre 48,96t/ha y 103,85t/ha respectivamente. Esto significa que cuando se reforesta un suelo que está cubierto por pastizales, se puede aumentar en más de dos veces el contenido de carbono en un período de 13 años. También se puede observar en esta tabla que entre las parcelas de P. maestrensis de 11 años y P. caribaea de 13 años en diferentes sitios, los valores de contenido de carbono difieren en 68,34t/ha; en estos resultados influyen la especie, la edad, condiciones de sitio y otros factores como preparación de la tierra, medidas de conservación de suelo entre otros, que permiten mayor retención de la humedad y nutrientes, lo cual conlleva a una mayor acumulación de materia orgánica y por ende mayor contenido de carbono.

### ❖ Fersialítico Rojo Parduzco Ferromagnesial,

Se distribuyen mayoritariamente en las regiones conocidas como sabanas serpentinosas a todo lo largo del país con una superficie estimada en cerca de 100 000 ha (IIF, 1998), fundamentalmente en la vertiente Norte, con un relieve que oscila entre llano y ondulado fundamentalmente, donde el suelo es de poco profundo hasta muy poco profundo, aunque es muy común que aparezca en forma de bolsones, sitios donde la profundidad total puede llegar a alcanzar más de 80cm, que son donde se establecen todas las plantaciones de algunas especies forestales con mayor logro o superficie cubierta.



**Figura 17. Distribución de los suelos Fersialíticos Rojo Parduzco Ferromagnesial en Cuba**

Como puede observarse en la tabla 41, el mayor contenido de carbono en el suelo (84,33 t/ha) se encuentra en el perfil de suelo de la masa semillera (más de 15 años) de *Pinus caribaea* en San Miguel de los Baños, provincia Matanzas, donde el suelo es profundo con más de 70cm (Renda *et al*, 1975).

El contenido de materia orgánica varía entre 1,28 y 2,7% , siendo más bajo donde la vegetación natural Cuabal está degradada como en la zona de Caonao, debido a la irracional actividad antropogénica que impide la acumulación de la materia orgánica.

Estos valores de materia orgánica equivalen a una reserva o acumulación de carbono en el suelo entre 16,33 y 34, 4 t/ha, es decir, entre 5,16 y 2,4 veces menos que en la zona de San Miguel de los Baños.

**Tabla 41. Algunos datos químicos del suelo Fersialítico Pardo Rojizo Ferromagnesial,**

Uso y Lugar	Prof. (cm)	Contenido de MO (%)	Contenido de Carbono (t/ha)	pH (en agua)	Cationes cambiabiles (cmol*kg <sup>-1</sup> )				
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma
Masa semillera de <i>P. caribaea</i> San Miguel	0-30	7,27	84,33	6,60	2,82	34,5	0,34	0,47	38,19
Plantación de <i>Pinus caribaea</i> de 7 años San Miguel	0-20	3,8	46,28	6,8	2,50	32,4	0,09	0,14	35,13
Vegetación natural de Cuabal, San Andrés	0-20	2,7	32,88	7,3	2,7	32,7	-	-	35,4
Pastos y restos de Vegetación natural de Cuabal, Altagracia	0-20	1,69	25,48	6,7	4,7	38,0	0,1	-	42,8

Uso y Lugar	Prof. (cm)	Contenido de MO (%)	Contenido de Carbono (t/ha)	pH (en agua)	Cationes cambiabiles (cmol*kg <sup>-1</sup> )				
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma
Vegetación natural de Cuabal degradadaMinas- Senado	0-20	1,52	21,15	7,4	4,2	54,0	0,1	-	58,3
Vegetación natural de Cuabal degradadaCaonao	0-20	1,28	16,33	6,2	3,0	8,0	0,4	-	11,4
Vegetación natural de Cuabal Esmeralda	0-20	1,62	22,17	6,3	0,6	15,5	0,2	-	16,3
Vegetación natural de Cuabal Caobilla	0-20	2,1	24,36	6,3	2,8	22,6	0,1	-	25,5

### ❖ Ferrítico.

El tipo de suelo Ferrítico se distribuye, al igual que los Fersialítico Rojo Parduzco Ferromagnesial, por las regiones del país donde aparecen rocas ultrabásicas del tipo serpentinita, específicamente en la vertiente Norte de la Isla de Cuba. En el occidente se destaca la región Marbajita con una superficie de 109,375 km<sup>2</sup>, en Pinar del Río, mientras que en Camagüey alcanza un área de 395,62 km<sup>2</sup> y en el Norte de oriente 1298,75 km<sup>2</sup> (IIS, 1973).

Este tipo de suelo es el más antiguo de la Isla de Cuba (IIS, 1973) y por su uso irracional ha sufrido intensos procesos erosivos, al observarse por las regiones de Mayarí y Marbajita (Cajálbana) fundamentalmente cárcavas muy profundas mayores de 3 metros de profundidad.

Puede observarse en la tabla 42 que el mayor contenido o cantidad de carbono acumulado se encuentra en el sitio de Baracoa con 162,4 t/ha, siguiéndole en orden el de San Felipe con 125,2 t/ha, cubiertos ambos por plantaciones de *P. caribaea* con edades entre 7 y 19 años, mientras que en los pinares naturales con edades desconocidas en Marbajita (*P. caribaea*) y Mayarí (*P. cubensis*) oscila entre 41,98 y 70,15 t/ha. Tal diferencia naturalmente se debe al contenido de materia orgánica y al peso volumétrico presente en cada perfil de suelo estudiado.

**Tabla 42. Algunos datos químicos del suelo Ferrítico.**

Uso	Prof. (cm)	Contenido de MO (%)	Contenido de Carbono (t/ha)	pH (en agua)	Cationes cambiabiles (cmol*kg <sup>-1</sup> )				
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma
Marbajitas <i>P. caribaea</i>	0-40	1,56	41,98	6,0	3,0	2,5	0,06	0,1	5,66
Marbajitas <i>P. caribaea</i> + café (con afectación)	0-40	2,77	89,96	5,27	3,0	8,25	0,30	-	11,55
Marbajitas con Pastizal	0-40	0,65	20,35	6,5	3,0	2,5	0,06	0,1	5,66
Pinares de Mayarí, <i>P.</i> <i>cubensis</i>	0-40	2,70	70,15	6,0	1,5	2,5	0,05	-	4,05

Uso	Prof. (cm)	Contenido de MO (%)	Contenido de Carbono (t/ha)	pH (en agua)	Cationes cambiabiles (cmol*kg <sup>-1</sup> )				
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma
Pinares de Mayarí, <i>P. cubensis</i> + café (con afectación)	0-40	4,60	119,52	6,00	1,9	2,7	0,12	-	4,72
San Felipe (Camagüey)	0-40	4,00	125,2	5,9	2,40	1,20	0,06	-	3,66
Baracoa Guantanamo	0-40	5,00	162,4	6,3	6,68	1,65	0,38	0,26	8,97

### ❖ Pardo sin carbonato.

Es el agrupamiento de suelos Pardos cubanos que más extensión territorial ocupa, distribuyéndose por todas las regiones naturales o física-geográficas, en casi todas las formas del relieve, con una superficie aproximada de 2,4 millones de ha (IIS, 1973).

Respecto a la cantidad de carbono retenido, en la tabla 43 se puede notar que el perfil con mayor cantidad resultó el que está cubierto por un bosque semideciduo ya que el contenido de materia orgánica resulto de 5,27%, que equivale a 82,52 t/ha a la profundidad de 20 cm, sin embargo los perfiles donde se fomentan cafetales con vegetación semideciduas y las plantaciones solo se pudo retener 60,08; 31,61; 40,6 y 40,36 respectivamente.

Hay que resaltar que en los perfiles con plantaciones jóvenes de teca, caoba de honduras y majagua antes de ser reforestados se utilizaban en la ganadería intensiva, donde los procesos erosivos alcanzaban niveles muy altos de ahí que el contenido actual de materia orgánica resulte similar en los tres sitios entre 2,29 y 2,5% y consecuentemente el contenido de carbono entre 31,61 y 40,6 t/ha, reflejando estos resultados la conveniencia y necesidad de convertir áreas degradadas en bosques para recuperar el suelo y elevar el nivel de retención de carbono en este tipo de suelo.

**Tabla 43. Algunos datos químicos y contenido de Carbono en los suelos Pardo sin carbonato.**

Uso del Suelo	Contenido de MO (%)	Contenido Carbono (t/ha)	pH (en agua)	Cationes cambiabiles (cmol*kg <sup>-1</sup> )				
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma
<i>Plantación S. macrophylla, 6 años (Corralillo) Guisa, Granma</i>	2,50	40,6	6,3	28,0	9,25	0,4	0,3	38,0
Bosque semideciduo (El Yarey) Buey Arriba, Granma	5,27	82,52	7,0	18,1	6,25	0,37	0,13	24,8
<i>Plantación T. grandis 8 años (La Estrella)</i>	2,29	31,61	6,0	28,0	9,25	0,45	0,30	38,0
<i>Plantación H. elatus 5 años (La Sopa) Guisa, Granma</i>	2,40	40,36	6,6	23,1	16,3	0,48	-	39,8

Uso del Suelo	Contenido de MO (%)	Contenido Carbono (t/ha)	pH (en agua)	Cationes cambiabiles (cmol*kg <sup>-1</sup> )				
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Suma
Pastizal degradado (Jobal) B. Masó, Granma.	1,06	18,44	6,6	32,5	22,5	1,88	1,70	58,5
Cafetal en fomento (El cacao) B. Masó, Granma.	3,70	60,08	5,8	40,0	11,2	0,60	0,22	52,02
Cultivos agrícolas y pastizal no degradado (San Diego) La Palma. Pinar del Río.	3,0	50,46	5,7	7,97	3,85	0,08	0,24	12,14

**n) Confección de un libro son los resultados obtenidos en la ejecución de los diferentes proyectos de investigación-desarrollo.**

Se concluyó un libro titulado “El Sector Forestal Cubano y el Cambio Climático” (ISBN: 978-959-7215-00-4), el que con financiamiento del PNUD, está actualmente en fase de impresión.

**ñ) Creación de capacidades:**

**CURSOS DE POST-GRADO:**

- Han sido graduados de cursos de post-grado más de 200 profesionales, pertenecientes a 22 de los Institutos de Investigaciones que tributan resultados al MINAG y al Centro de Estudios de Medio Ambiente de la Universidad de Matanzas.

**MAESTRIAS Y DOCTORADOS:**

- Se han defendido dos Tesis de Doctorado (“El sector forestal de la península Zapata, en Matanzas, Cuba: Aspectos de su interrelación con el cambio climático” y “Contribución de la fenología a la conservación de tres especies forestales en Tope de Collantes”) y otra se encuentra en fase de predefensa (Evaluación de los impactos del cambio climático y de la mitigación de emisiones por el patrimonio forestal de la Empresa Forestal Integral Baracoa, provincia Guantánamo, Cuba), las tres en la Universidad de Pinar del Río.
- Se defendió una Tesis de Maestría (Estrategia de mitigación del cambio climático para la Empresa forestal Integral la Palma, Pinar del Río).
- Cuatro Tesis de Maestría en fase de defensa:
  - Con los resultados de las evaluaciones de emisiones y retenciones de GEI en la UBPC Guamutas.
  - Sobre la retención de carbono en la zona El Naranjito, Las Tunas.
  - Sobre el impacto del aumento del nivel del mar en el municipio San Nicolás de provincia Habana.
  - Sobre la retención de carbono por los bosques de la EFI Granma.

**TALLERES:**

- Taller en la UBPC Guamutas con los resultados obtenidos de la evaluación en esa Entidad, 2009.
- Taller en Guantánamo con finqueros del Proyecto sobre Forestería análoga, 2009.
- Taller en la UBPC El Zapato con los resultados obtenidos de la evaluación en esa Entidad, 2010.

- Taller en la EFI Mayabeque con los resultados de la evaluación del impacto del aumento del nivel del mar. 2009.

## CONCLUSIONES.

Los elementos presentados sientan las bases científico-técnicas necesarias para que el Sector Forestal del Minag acometa, en el marco del Programa Forestal hasta el 2020, la formulación e implementación del Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático, en cumplimiento de los acuerdos e indicaciones emitidas al respecto por el Consejo de Ministros y que a la par, ello constituya una referencia válida a considerar por los sectores Agrícola y Pecuario, en aras de alcanzar objetivos similares.

## RECOMENDACIONES.

1. Continuar en otros proyectos de investigación-desarrollo estudios y evaluaciones relacionados con el patrimonio forestal y el cambio climático, que constituyan aspectos de interés para el país y para el Minag, a fin de que permitan ampliar las informaciones disponibles a considerar en el Programa Forestal de Enfrentamiento al Cambio Climático del país y en los que sean elaborados en las diferentes provincias.
2. Fortalecer la capacidad instrumental del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales para la determinación, en condiciones nacionales, de los coeficientes de cálculo empleados por las metodologías internacionales utilizadas para la estimación de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero en el patrimonio forestal, lo que facilitaría la disminución de las incertidumbres en las estimaciones.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Álvarez, A. 2010. Preparación de la versión 3.0 del sistema SUMFOR: Densidad de la madera. Inf. Final Proy. 11.69 “*Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático: Subsector Forestal*”; Subproy. 11.69.03 “*La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos*”. Inst. Invest. Forestales, C. Habana, Cuba. 20 p.
- Álvarez, A. y Alicia Mercadet. 2008. Puesta a punto del sistema automatizado SUMFOR v-2.0. Inf. Final Subproyecto: La mitigación del cambio climático por los bosques cubanos; Proyecto: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático: Subsector Forestal; PRCT: preservación de los Recursos Naturales. Inst. Inv. Forestales. La Habana, 8 pág.
- Álvarez, A.; Milián, C. y Leyla Álvarez. 1998. Estudios de caso nacional para la evaluación de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación. Instituto de Investigaciones Forestales. Ciudad de la Habana. 23 p.
- Arreaga, W. E. 2002. Almacenamiento del carbono en bosques con manejo forestal sostenible en la reserva de biosfera “Maya”, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica. 86 p. Tesis (en opción al título de Master en Ciencias). Centro agronómico Tropical de investigación y Enseñanza. Programa de Enseñanza para el desarrollo y la Conservación.
- Ayala, N. Tope de Collantes. 1989. Vida silvestre en el Escambray. La Habana. 113 p.
- Bashkin, M. A & Binkley, D. 1998. Changes in soil carbon following afforestation in Hawaii. Ecology 79 (3): 828-833.
- Berazaín, R.; F. Areces, J. C. Lazcano y L. R. González. 2005. Lista roja de la flora vascular cubana. Documentos del Jardín Botánico Atlántico (Gijón) 4:1-86 p.
- Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. Ed. Científico-Técnica, La Habana. 384 p.
- Cicuzza, D.; A. Newton and S. Olfield. 2007. The Red List of *Magnoliaceae*. Forest International, Cambridge, UK. 52 p.
- DNF. 2008. Base de datos del patrimonio forestal cubano al término del 2007. MINAG, La Habana.

- Garza, J. F. y O. Masera. 1996. CO2-FIX for Windows. Manual del Usuario. Centro de Ecología de la UNAM, México. 25 P.
- Gra, H; J. M. Montalvo; C. Figueroa y J. de Nacimiento. 1989. Curvas de índice de sitio para *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Inst. Invest. Forestales, Ciudad de la Habana, Cuba. 13 p.
- Gutiérrez, Vélez, V. H. y Lopera, Arango, G. J. 2001. Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. 18 al 20 de octubre del 2001. Valdivia, Chile.
- Hechavarría, Orlidia. 1998. Aspectos metodológicos sobre la fenología en especies forestales. CATIE. Boletín de Mejoramiento Genético y Semillas Forestales No. 20:15.
- Hechavarría, Orlidia. 2009. Contribución de la fenología a la conservación de tres especies forestales en Tope de Collantes. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Fac. de Forestal y Agronomía; Dpto. Forestal; Univ. P. Río *Hermanos Saíz Montes de Oca*. 117 p.
- IIF (Instituto de Investigaciones Forestales) ,1998. Manejo Integral Forestal de los Cuabales Serpentinosos de Cuba. CICF. Inédito. La Habana.
- IIS (Instituto de Suelos), 1973. Génesis y Clasificación de los Suelos de Cuba. Academia de Ciencia de Cuba. La Habana. 315-p.
- INRH (Inst. Recursos Hidráulicos). Boletines Hidrológicos. <http://www.hidro.cu/boletines08.htm>. 2008.
- INRH. 2008. Boletines Hidrológicos. <http://www.hidro.cu/boletines08.htm>.
- INSMET (Inst. Meteorología). Temperaturas medias históricas provinciales para el período 1979-2000. Registro digital. 2009.
- INSMET. 2008. Suministrador de Climas Regionales para los Estudios de Impacto. <http://precis.insmet.cu/Precis-Caribe.htm>.
- IPCC, 2001b. Reporte Especial sobre los Escenarios de Emisión. 34 p.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. 973 p.
- IPCC, 2001 a. Climatic Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers, 18 p. Disponible en: <http://www.ipcc.ch.htm> [Consulta: 13 de marzo 2008].
- Jiménez, M.; Ferrer A.; Casate C.; Torres, T.; Sánchez, J.; Sánchez, E. y González R., 1989. Establecimiento y valoración de los cultivos agrícolas y forestales hasta la etapa de brinzal en la precordillera norte de la Sierra Maestra. EN: Memorias del I Congreso Forestal de Cuba y I Simposio Internacional sobre Técnicas Agroforestales. P 195-215.
- Lastre, L. L. O. 1988. Dinámica de las reservas orgánicas de la hojarasca de un bosque tropical semicaducifolio en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Candidato a Doctor en Ciencias Biológicas. Universidad de la Habana, Cuba.
- Linares, E.; A. Álvarez; Ivonne Diago y Alicia Mercadet. 2010. El sector forestal de la República de Cuba al término del 2007: 2. Empleo de la diversidad forestal en la (re)forestación. Baracoa (versión digital), Vol. \_\_, N° 2.
- López, A. 2005. Nueva perspectiva para la regionalización fitogeográfica de Cuba: Definición de sectores. 200 [cd-rom] **En:** Regionalización biogeográfica y tópicos afines. Primera Jornada biogeográfica de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología. RIBES XII. I CYTED. 150 p.
- McCarty J. P. 2001. Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15 (2): 320-331.
- Méndez, A. L.; Castro, L. R.; R. Pérez; C. M. López; B. Lapinel; J. M. Pajón; María Celeiro; F. Ortega; M. Hernández. 2008. *Curso cambio climático*.
- Mercadet Alicia, A. Álvarez, A. Escarré, Osiris Ortiz, Arlety Ajete, L. Yero. 2010. Ampliación de la base de datos de los coeficientes de carbono y de nitrógeno en la madera de especies forestales arbóreas cubanas. Inf. Final Proy. 11.69 “*Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático:*



- Subsector Forestal*"; Subproyecto 11.69.01 "*La retención de carbono por los bosques cubanos*". Instituto de Investigaciones Forestales, C. Habana, Cuba. 12 p.
- Mercadet, A.; Álvarez, A.; Escarré, A. y O. Ortiz. 2011. Coeficientes de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreas cubanas [en línea]. Disponible en: [http://bva.fao.cu/pub\\_doc/Reposit/cuf0337s.pdf](http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf) [Consulta: 30 de abril 2012].
- Mercadet, Alicia y A. Álvarez. 2005. Metodología para el establecimiento de la línea base de carbono por las empresas forestales de Cuba. Informe final del Subproyecto 11.25.03.programa Ramal de Medio Ambiente, MINAG.
- Mercadet, Alicia 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.
- MINAG, 2008. Dinámica Forestal Nacional.
- MINAG. 2002. Proyecto de ordenación forestal de la Empresa Forestal Integral Baracoa. Servicio Estatal Forestal.
- Mohamed, Ibrahim; M. Chacón; C. Cuartas; J. Naranjo; G. Ponce; P. Vega; F. Casasola y J. Rojas, 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia. Costa Rica y Nicaragua. Revista Agroforestería en las Américas. No, 45.
- Mohren, G. M. J. and G. J. Nabuurs. 1993. Carbon fixation through forestation activities: A study of the carbon sequestering potential of selected forest types commissioned by the Foundation Face. Face Institute for Forestry and Nature Research, Arnhem, Wageningen, The Netherlands.
- Montes, L. 1999. Endemismos vegetales estrictos de las provincias comprendidas desde La Habana hasta Camagüey, Cuba. Tesis en opción al título académico de Máster en Ecología Aplicada. Instituto de Ecología y Sistemática. Ciudad de la Habana. Cuba. 58 p.
- Ponce, Doralys y A. Álvarez. 2005. Determinación del ciclo del carbono en plantaciones de *Pinus caribaea* en la EFI La Palma, provincia Pinar del Río. Inf. Final Proy. 11.25 "*El cambio climático y el sector forestal: Segunda aproximación*"; Subproy. 11.25.06 "*Determinación de la influencia del manejo silvícola y de la estructura de productos madereros sobre la capacidad sumidero de las plantaciones forestales*". Inst. Invest. Forestales, C. Habana, Cuba. 12 p.
- Rada, M. Buitrago, J. 2009. Estimación del valor económico de la fijación de carbono en el parque nacional laguna de la restinga, Isla de Margarita, Venezuela. RED CYTED 406RT0285. "Efecto cambios globales sobre el ciclo del carbono". Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. 37-50 p.
- Rathe, L. 2008. Plan de acción nacional de adaptación al cambio climático en la República Dominicana. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARENA). Proyecto de la Segunda Comunicación Nacional para la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Santo Domingo, República Dominicana. Noviembre 2008. 114 p.
- Renda, A, Calzadilla, E. Herrero, G., González – Abreu A., García, A. 1992. Los suelos Ferralítico Rojo Amarillento de la Sierra Maestra. Cuba. Revista Forestal Baracoa 22(1): 47-57.
- Renda, A; A. Unda; R. Pulido, (1975). Los suelos del Plan Forestal San Miguel de los Baños, provincia Matanzas, Centro de Investigación Forestal. Informe Técnico. La Habana. p-50.
- República de Cuba, 1999. Relagamento de la Ley Forestal. Resolución No.330-99. 39p.
- Reyes, O. J. 2006. Principales fitocenosis de manglares en el humedal del delta del río Cauto. **EN:** Menéndez, Leda y J. M. Guzmán. 2006. Ecosistema de manglar en el Archipiélago Cubano. Edit. Academia. La Habana, Cuba. p. 263-270.
- Robledo C. and C. Forner. 2005. Adaptation of forest ecosystems and the forest sector to climate change. FAO, Forests and climate change Working Paper n°2, 96 pp.
- Rodríguez, J.; Vidal, A., Benitez, J.Y. 2002. Compendio de tablas de biomasa para especies forestales. Inst. Invest. Forestales, C. Habana, Cuba.

- Salas, 2008. Impacto de la surgencia en el archipiélago cubano, considerando los cambios climáticos. Taller de cambios globales y medio ambiente tendencias mundiales. Resultados y proyecciones de trabajo. Memorias. C. Habana.
- Schaarschmidt, H. 1983. Die karebasche Juglans-Sippe-zwei Subespecies. Wissenschaftliche Zeitschrift. Friedrich-Schiller-Univ. Jena. Matcg-Naturwiiss. 32(6):895-898.
- Servicio Estatal Forestal. 1999. Ley Forestal de Cuba. Reglamento. Ministerio de la Agricultura. La Habana. 69 p.
- Sorensen, K.W. (1995). Los cambios climáticos y la biodiversidad. Rev. Actualidad forestal Tropical. Vol. 2, No. 2. OIMT; Yokahama, Japón. p.4-5. Disponible en:  
<http://www.cipav.org.co/,,/almacenamiento%20de%20carbono%20en%20el%20suelo%20y%20la%20>. Consultada en julio 2010.
- Velásquez, C.; M. Serna. 2005. La creciente concientización pública sobre las especies Magnoliaceas amenazadas en Colombia es la clave de su futura supervivencia. Informe sobre una beca. Revista OIMT. Actualidad Forestal Tropical 13(3):22-23.