

República de Cuba
Universidad de Cienfuegos. Carlos Rafael Rodríguez.

Departamento de Agronomía.

Propuesta de una estrategia de mitigación para los efectos del Cambio Climático. Estudio de caso: Plantaciones forestales de la UBPC "Dos Hermanos"

Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo.

Por

Autor: Alexander Abreus Ercia

Tutor: Ing. Eber Pérez Ruiz.

Cienfuegos 2009.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco en especial a mi tutor, que con su ayuda pude hacer posible la realización de este trabajo. A todos los que de una forma u otra contribuyeron a la terminación de este trabajo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la Revolución por las facilidades que me ha brindado para poder formarme como profesional. A mi familia y a todas aquellas personas que de una forma u otra me han brindado su ayuda y dedicación.

SINTESIS

Uno de los problemas globales del mundo de hoy es el Cambio Climático, donde el CO₂ es uno de los responsables de tal preocupante. Esta investigación se realizó en la Unidad Básica de Producción Cañera” Dos Hermanos”, en el municipio de Rodas, provincia de Cienfuegos, Cuba. Con el propósito de formular una estrategia de mitigación para los efectos del cambio climático en la UBPC. Para estimar el carbono retenido en las plantaciones se parte de metodologías existentes citadas por diferentes autores. A partir del volumen en pie se estimará el carbono retenido en la biomasa por medio de la densidad seca al aire de la madera de las especies componentes de las plantaciones y de un factor de expiación de biomasa, con la superficie de la masa forestal y el carbono promedio retenido en el primer metro de los suelos de los bosques tropicales, se calculó el carbono almacenado en los suelos forestales. Las plantaciones han absorbido de la atmósfera 3275,7 t CO₂ el cual contribuye a la mitigación de los cambios climáticos. Para incrementar la capacidad de secuestro y retención de carbono y contribuir a la absorción de uno de los gases de efecto de invernadero UBPC tiene que encaminar sus acciones a la reforestación de sus áreas desprovista de bosque, el buen manejo de los mismos y la prevención de los incendios forestales.

Palabras clave: Estrategia de mitigación, biomasa, carbono retenido, reforestación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

I: INTRODUCCIÓN.....	1
II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Conceptos Generales de la Investigación	3
2.1.1 Cambio climático.....	3
2.1.2 Efecto invernadero.....	3
2.1.3 Efectos Potenciales del cambio climático y de la identificación del efecto invernadero	4
2.2 Los bosques como sumideros de carbono.....	5
2.2.1 Secuestro de carbono.....	5
2.2.2 Papel de los bosques y su relación con el efecto de invernadero.....	5
2.2.3 El rol de los bosques como sumideros de carbono.....	6
2.3 Estudios sobre el carbono en los árboles.....	7
2.3.1 El Carbono en la biomasa aérea.....	7
2.3.2 Carbono en el suelo.....	7
2.3.3 Influencia de los humanos sobre el ciclo del carbono.....	8
2.3.4 Carbono en otros componentes del bosque.....	8
2.3.5 Carbono total y su distribución entre los componentes.....	9
2.3.6 Tasas de fijación de carbono en la vegetación.....	9
2.4 Ordenación forestal y la fijación de carbono.....	9
2.5 Servicios ambientales del bosque.....	11
2.6 Cuba y el cambio climático.....	12
2.6.1 Estrategia de mitigación.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Característica de la UBPC "Dos Hermanos".....	16

3.1.1 Ubicación.....	16
3.1.2 Clima.....	17
3.1.3 Relieve.....	17
3.1.4 Suelo.....	17
3.1.5 Cobertura Forestal.	17
3.2 Estimación del carbono secuestrado.....	18
3.2.1 Áreas Forestales cubiertas.....	18
3.2.1.1 Biomasa forestal.....	18
3.2.1.2 Carbono en la biomasa forestal.....	19
3.2.1.3 Carbono retenido en el suelo.....	19
3.3 CO ₂ fijado por la biomasa.....	20
3.4 Proposición de la Estrategia de Mitigación para la empresa.....	20
3.5 Valoración económica de la captura de carbono.	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1 La biomasa como sumidero de carbono.....	22
4.2 Carbono en el suelo.....	22
4.3 Retención total de carbono.....	22
4.4 Proceso de fijación en los bosques.	23
4.5 Estrategia de mitigación para I ^o "Dos Hermanos"	24
4.6 Relación con la defensa civil.....	25
4.7 Valoración económica.....	26
V. CONCLUSIONES.....	27
VI. RECOMENDACIONES.....	28
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	29
ANEXO	

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La principal causa del cambio climático global es la emisión de gases provenientes de la combustión de fuentes de energía fósil, que provocan el denominado "efecto invernadero o invernadero". Los gases que participan en este proceso se denominan, en consecuencia, gases de efecto invernadero (GEI). En la atmósfera existen concentraciones naturales de distintos GEI. Dichos gases, del cual el más importante es el dióxido de carbono (CO₂), dejan pasar la radiación de onda corta proveniente del sol, que al llegar a la superficie de la tierra se convierte en calor. Parte de este calor es transferido al suelo y parte es reflejado como radiación de onda larga. Luego, esta radiación de onda larga que emite la tierra choca en las capas bajas de la atmósfera con los GEI, siendo devueltas hacia el suelo en forma de radiación (calórica) de onda larga. Este fenómeno físico es responsable de calentar a la atmósfera, llevando la temperatura media anual de -18 °C a alrededor de 15 °C, lo que hace posible la vida en nuestro planeta.

En razón de ello, en 1988, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) creó el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Dos años más tarde la Asamblea General de las Naciones Unidas estableció el comité Intergubernamental de Negociación de un Convenio (CIN), que en mayo de 1992 aprobó el texto de una Convención. En junio del mismo año 165 países firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la que entró en vigor el 21 de marzo de 1994 con la ratificación de los primeros 50 países.

Durante la tercera COP realizada en Kyoto, Japón, en diciembre de 1997, se aprobó el Protocolo de Kyoto (PK) donde se establecieron compromisos legalmente vinculantes para los países desarrollados con el fin de reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI), por lo menos en un 5% menos en comparación con los niveles de 1990. Este Protocolo estableció tres mecanismos para facilitar el logro de los objetivos de la (CMNUCC), consistente en: "Lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático", los cuales conjuntamente se llaman mecanismos de flexibilización. Estos son: la Implantación Conjunta, el Mecanismo de Desarrollo Limpio y el Intercambio de Emisiones y Créditos (Pedroni, 1999). Cuba se encuentra actualmente inmersa en los estudios previos para la implantación del Mecanismo de Desarrollo Limpio, única de estas alternativas donde se prevé la participación de los países en desarrollo.

Cuba es país firmante del Protocolo de Kyoto y por lo tanto debe cumplir con los compromisos contraídos con respecto al inventario periódico de emisiones y la formulación de estrategias de adaptación y mitigación, y con ello contribuir con la reducción de la concentración de GEI en la atmósfera. Para ello cuenta , desde el punto de vista biológico con los bosques que por realizar la fijación biológica del carbono , contribuyen al secuestro y retención del CO₂ atmosférico, funciones sobre la cual el hombre puede influir de forma positiva o negativa según el manejo a que somete a los ecosistemas.

Los bosques constituyen el principal sumidero de gases de efecto invernadero del país. Fue partícipe , en el 2001, de los análisis previos de la presentación del Informe de País a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, relativos a la estimación comparativa de emisiones en 1990 y 1994, la estimación de los impactos derivados del Cambio Climático y de las medidas de adaptación y mitigación recomendadas a nivel nacional, incluyendo la valoración de las incertidumbres existentes y de las perspectivas futuras de evaluación e investigación (Álvarez, 2001).

1.1. Problema de Investigación

Deficiente gestión de secuestro de carbono en la UBPC “Dos Hermanos”.

Objetivo General Determinar la existencia de carbono en la UBPC “Dos Hermanos”, para la propuesta de una estrategia de mitigación de los efectos del cambio climático.

1.2 Objetivos específicos

Determinar el secuestro de carbono de las plantaciones.

Determinar el dióxido de carbono fijado en las plantaciones.

Determinar la acumulación de carbono en el suelo.

Determinar una estrategia para aumentar la potencialidad de captura de carbono en el patrimonio de la UBPC “Dos Hermanos”.

1.3. Hipótesis de la Investigación

Si se determinan las existencias de carbono almacenado en el suelo y en la biomasa de las plantaciones de la UBPC “Dos Hermanos”, se podrá entonces proponer la estrategia encaminada al aumento de las potencialidades de secuestro de carbono atmosférico para desminuir los efectos del cambio climático.

2. DESARROLLO

2. DESARROLLO

2 Revisión Bibliográfica

2.1 Conceptos Generales de la Investigación:

Cambio climático.

Es el cambio en el clima atribuido directa o indirectamente a intervenciones humanas que alteran la composición de la atmósfera terrestre y que se suman a las variaciones climáticas naturales observadas a lo largo de periodos comparables (Tipper, 1998).

El fenómeno del cambio climático se ha denominado a las variaciones en el patrón del clima por la intervención humana. Esta alteración ha modificado el balance de la atmósfera en su capacidad de permitir la radiación mediante el ingreso de los rayos solares y la irradiación con la que se expulsa el calor solar al espacio. Si se reconoce que el clima es un resultado que va más allá de las condiciones atmosféricas, y se concibe la interacción de la geosfera, la biosfera y la hidrosfera, se pueden comprender que las modificaciones del clima proceden de la acción humana sobre todas estas partes del planeta, especialmente sobre la geosfera y la biosfera (Sancho y Prat, 1999).

Efecto invernadero.

La tierra esta cubierta por una capa de gases que deja entrar energía solar, la cual calienta la superficie de la tierra. Alguno de los gases en la atmósfera- llamados los gases de efecto invernadero (GEI)- que impiden el escape de este calor al espacio. Este es un efecto natural que mantiene la tierra a una temperatura promedio por encima del punto de congelación del agua y permite la vida tal como la conocemos. Pero, las actividades humanas producen un exceso de gases de efecto invernadero principalmente dióxido de carbono, metano y óxido nitroso que están potencialmente calentando el clima de la tierra, un proceso conocido como cambio climático, que sus principales causas son:

- 1 La quema de combustibles fósiles como petróleo, carbón y gas natural.
- 2 El cambio en el uso de la tierra en particular la deforestación. En este sentido, los bosques, dado que almacenan carbono, pueden desempeñar un rol importante evitando la acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera. Además la plantación de árboles y bosques sosteniblemente mantenidos, incluidos los destinados a la producción de leña, puede ayudar a evitar la deforestación o invertir

la tendencia y puede compensar las emisiones de carbono al actuar como sumideros de carbono (Althof, 1999).

2.1.3 Efectos potenciales del cambio climático y de la identificación del efecto invernadero.

La idea del calentamiento global como terrible espada de Damocles que pende sobre la vida de la especie, hace apenas 30 años ni siquiera era conocida por la inmensa mayoría de los habitantes del planeta; aún hoy existe gran ignorancia y confusión sobre estos temas (Castro, 2007).

El principal efecto del cambio climático es el calentamiento global del planeta. En los últimos 100 años la temperatura media anual del aire ha aumentado entre 0.3°C y 0.7°C, atribuido principalmente al aumento de las emisiones de GEI. En numerosos estudios se ha tratado de simular el efecto de diversos escenarios para los próximos 100 años en relación con el calentamiento de la tierra.

Según algunos modelos matemáticos se ha predicho que el aumento de la temperatura para el año 2100 sería de unos 6°C en las zonas polares mientras que en la zona ecuatorial sería tan solo de 1°C (Ciesla, 1996). Este contraste repercutiría en una menor convención de energía potencial y generaría una variación del sistema global de las masa de aire, provocando probablemente transformaciones en los climas regionales y locales, por ejemplo en las zonas medias y bajas tendrían climas más húmedos que los actuales, mientras que el norte de Europa y las zonas centrales de Norteamérica y Asia tendrían climas más secos y calidos (Lopera y Gutiérrez, 2000).

En Cuba los pronósticos indican, que debido al aumento del nivel del mar, entre el año 2050 y 2100 el humedal de la Ciénaga de Zapata, casi habrá desaparecido (4,250 km²), al igual que la Ciénaga de Birama (470 km²) y de Lanier, en tanto la Empresa Forestal Integral Guanahacabibes perderá algo más del 4% (47 km²) de su territorio actual (Mercadet. y Álvarez, 2007).

2.2 Los bosques como sumideros de carbono.

2.2.1 Secuestro de carbono.

Desde el punto de vista forestal, el secuestro de carbono puede ser considerado como el mecanismo de captura y almacenamiento seguro del carbono de la atmósfera producido por la actividad natural o industrial. Se considera a este mecanismo como una contraparte potencial, natural y manejable, para el balance de carbono en la naturaleza (Althof, 1999).

2.2.2 Papel de los bosques y su relación con el efecto de invernadero.

En estudios hechos recientemente indican que la ordenación local de los bosques con miras al secuestro de carbono podría reducir las emisiones de CO₂ en una proporción equivalente al 11-15% de las emisiones producidas por la quema de combustible fósil durante el mismo período (Brown, 1996). Pero al mismo tiempo, muchos autores coinciden en un aspecto fundamental: todas las posibilidades de los bosques como secuestradores de carbono no bastan para resolver los problemas que plantean los gases de invernadero y que hacer frente al cambio de clima en escala mundial exige complejas medidas para adaptarse a sus efectos y mitigarlos y que se debe extender a todos los sectores sociales y económicos. Sin embargo, el intento de aplicar opciones de ordenación forestal que conservan y secuestran el carbono ayudará a que los bosques se transformen en el futuro en una importante fuente neta de secuestro de CO₂ para la atmósfera y por consiguiente, a compensar otros factores que contribuyen a acelerar el calentamiento de la Tierra.

La absorción de CO₂ por las plantaciones forestales tropicales, con especies forestales que crecen rápidamente pueden ayudar a aliviar el problema de calentamiento global (Barres, 1993).

Los árboles absorben CO₂ de la atmósfera y producen madera. La madera seca de los árboles contiene entre un 47 y un 53% de carbono. El carbono almacenado en los árboles queda como un elemento integral de la madera hasta que estos mueren y se descomponen. Sin embargo si el árbol es aprovechado y transformado en un producto maderable para la construcción, ebanistería u otra estructura duradera, el carbono

queda almacenado hasta que la madera se descompone y se libera a la atmósfera (Barres, 1993).

El Protocolo de Kyoto considera el año 1990 como punto de partida para medir las variaciones en el carbono almacenado. El registro a partir de ese momento las variaciones netas de las emisiones por las fuentes, y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que se deben a la actividad humana directamente relacionada con el cambio del uso de la tierra y la silvicultura limitada a la forestación, reforestación y deforestación (Martínez y Sánchez, 2001).

2.2.3 El rol de los bosques como sumideros de carbono.

La vegetación, a través de la fotosíntesis, transforma energía solar en química absorbiendo CO₂ del aire para fijarlo en forma de biomasa, y libera a la atmósfera oxígeno (O₂). Los bosques, en particular, juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono (C) ya que:

- almacenan grandes cantidades de C en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico).
- intercambian C con la atmósfera a través de la fotosíntesis y respiración.
- son fuentes de emisión de C cuando son perturbados por causas naturales, por ejemplo incendios, avalanchas, etc., o antrópicas, como la quema para habilitar campos a actividades agropecuarias, explotaciones forestales sin conceptos silviculturales, etc.
- también son sumideros (transferencia neta de CO₂ del aire a la vegetación y al suelo, donde son almacenados) cuando se abandonan las tierras perturbadas, que se recuperan mediante la regeneración natural.

El hombre, a través del manejo silvicultural de los bosques nativos existentes, y por la creación de nuevos bosques mediante forestaciones y reforestaciones en áreas donde no existen árboles, es capaz de alterar las reservas y flujos de C forestal, modificando su papel en el ciclo del C y utilizando con ello su potencial para mitigar los cambios del clima (Brown et al., 1996).

2.3 Estudios sobre el carbono en los árboles.

2.3.1 El carbono en la biomasa aérea.

En su estudio en cinco zonas de vida de Venezuela (Danley et al. 1997), encontraron que el C en la biomasa aérea para árboles mayores de 10 cm. de diámetro, varía desde 70 t C/ha en el bosque muy seco, hasta 179 t C/ha en bosques muy húmedos y decrece ligeramente para la zona de vida húmedo montano (157 t C/ha). En bosques muy secos el C en la biomasa de los árboles con diámetro > 10 cm. está entre 0.7-1.0 t C/ha, o 1-1.5% del C contenido en los árboles >10 cm. Brown y Lugo (1982) reportan contenidos de C en la biomasa aérea de árboles en los trópicos entre 20-269 tC/ha.

2.3.2 Carbono en el suelo.

Los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres. Contienen cuatro veces la cantidad de carbono en la vegetación. El carbono en el suelo se encuentra en la hojarasca, en el sistema radical vivo y muerto y el carbono negro. Aumentar el nivel de carbono en el suelo podría ser un servicio ambiental precioso (Jandl, 2001).

El incremento de CO₂ en nuestra atmósfera influye directamente sobre la productividad de los cultivos, el mejoramiento del suelo, del agua y de la calidad del aire. El secuestro de carbono en el suelo es el proceso de transformación del carbono del aire al carbono orgánico, almacenado en el suelo. A través del secuestro de carbono, los niveles del dióxido de carbono atmosférico pueden reducirse en la medida que los niveles de carbono orgánico del suelo aumentan. En general, las prácticas de manejo que incrementan el carbono orgánico del suelo también reducen la erosión del suelo y mejoran los recursos naturales (Espinoza, 2005).

Los constituyentes orgánicos de los suelos tropicales no poseen unas calidades especiales que los diferencien de los de las regiones templadas (Batjes y Sombroek, 1997).

Mientras la relación de carbono en un componente particular de la biomasa aérea ofrece la posibilidad de estimarlo en muchos otros componentes en un área mucho más extensa, en los suelos se da una excepción, pues aunque la productividad de la biota

sirve como entrada de C al suelo, otros factores tales como tipo de suelo, textura, mineralogía y clima, regulan la cantidad (Danley et al, 1997).

2.3.3 Influencia de los humanos sobre el ciclo del carbono.

El flujo de C, en sus diferentes fracciones y retroalimentaciones, ha mantenido el CO₂ atmosférico razonablemente constante por miles de años. Pero los humanos, por el cambio del uso de la tierra y por la inyección de C fósil dentro del ciclo, han incrementado las emisiones de CO₂ a la atmósfera, trayendo como consecuencia la distorsión del balance deseable. Se estima que el incremento de C ha sido superior a 1.500 millones de toneladas métricas por año, principalmente debido a la quema de combustible. Según (Houghton, 2003 citado por Rodríguez, 2005) la pérdida de C por el cambio de uso de la tierra ha crecido progresivamente en el último siglo, aproximándose a tasas de 2 Pg C por año, especialmente por la deforestación tropical.

El incremento en las concentraciones de CO₂ atmosférico puede traer como consecuencia que las fuentes del mismo excedan los sumideros. Según Danley et al, (1997), el ciclo moderno del C tiene flujos dos principales:

1. Entre la atmósfera y la vegetación terrestre (120 Pg por año).
2. Entre la atmósfera y el océano (105 a 107 Pg por año).

En consecuencia, los suelos juegan un papel importante en este ciclo, ya que pueden constituirse en una fuente o un sumidero de C e influenciar las concentraciones de CO₂ en la atmósfera.

2.3.4 Carbono en otros componentes del bosque.

Según encontraron Danley et al (1997), la materia orgánica fina varió muy poco en las cinco zonas de vida estudiada en Venezuela (2,4 t C/ha - 5,2 t C/ha). Así mismo, los valores de necromasa se encuentran entre 2,4 t C/ha - 3,3 t C/ha para las zonas secas (con un 42% - 76% en la clase muerta en pie) y entre 16,7 t C/ha - 21,2 t C/ha para las húmedas (42% - 61% muerta en pie). Por otra parte Cerri et al, (1991) determinaron una producción de hojarasca entre 5 t C/ha - 6 t C/ha en un bosque natural ubicado en Manaos (amazonía brasileña).

2.3.5 Carbono total y su distribución entre los componentes.

En el estudio realizado por Danley et al (1997), el promedio total de C en la biomasa más en el suelo varió entre 302 - 408 t C/ha, siendo mayor (52 - 68% del total) el C del suelo en tres zonas de vida (muy seco, húmedo montano bajo y húmedo montano) mientras que en las otras dos (humado tropical y transición seco a húmedo) fue menor (20% - 36% del total). Los otros componentes del bosque contienen menores porcentajes de C del total, estando entre 6% - 11% en raíces, 1% - 8% en necromasa y 2% en hojarasca fina.

2.3.6 Tasas de fijación de carbono en la vegetación.

Las plantaciones tropicales (principalmente de *Eucalyptus* sp, *Tectona grandis*, *Pinus* sp, entre otras) tienen un potencial de fijación que oscila entre 2,7 t C/ha/año y 9,6 t C/ha/año (Brown, Lugo y Chapman, 1986); al respecto Ramírez, Gómez y Schukltz (1997) determinaron una tasa de fijación de 7,7 t C/ha/año en plantaciones forestales de Costa Rica; en algunos registros para bosques tropicales maduros se tienen tasas de $0,71 \pm 0,34$ t C/ha/año (Philips et al, 1998), 1 t C/ha/año en Perú (Grace et al, 1996).- 2,2 t C/ha/año (Fan et al, 1998) y 5,9 t C/ha/año (Malhi et al, 1998) cerca de Manaus en la amazonía brasileña. Ortiz (1997) encontró, que en bosques secundarios de Costa Rica se ha producido después de 20 años una tasa media de fijación en la biomasa aérea de 3,76 t C/ha/año.

2.4 Ordenación forestal y la fijación de carbono.

Moura (2001) plantea que la fijación de C mediante la actividad forestal se basa en dos premisas. En primer lugar, el CO₂ es un gas atmosférico que circula por todo el planeta y, por lo tanto, las actividades dirigidas a eliminar GEI de la atmósfera tendrán la misma eficacia tanto si se realizan cerca de la fuente de emisiones, como en el extremo opuesto del globo. En segundo lugar, las plantas absorben CO₂ de la atmósfera en el proceso de fotosíntesis y la utilizan para sintetizar azúcares y otros compuestos orgánicos utilizados en el crecimiento y el metabolismo. Kyrklund (1990) sostiene que debido a que la velocidad de absorción del CO₂ es directamente proporcional al crecimiento de los árboles, preservar los bosques naturales es una manera poco eficaz de fijar CO₂ en cambio, una ordenación forestal basada en cosechar en el mejor momento, convertir la madera con un mínimo de desperdicio en productos duraderos y regenerar debidamente, permite fijar el máximo posible de C; evidentemente esta

medida de aprovechamiento tiene límites, pues la utilización industrial de todos los bosques naturales no es factible desde el punto de vista de conservación del ecosistema, de la biodiversidad y del fondo genético.

De esta forma, las áreas forestales (especialmente las plantaciones) pueden manejarse con diferentes enfoques y producir varios servicios, por ejemplo paisaje, control de clima y agua, variabilidad genética, biomasa, etc. La producción forestal es así un proceso de producción de múltiples entradas y salidas. Desde el punto de vista de la fijación de C, se asume que la producción forestal puede hacer un proceso de producción multientrada/doblesalida, donde se analiza el manejo del bosque con respecto a la producción de dos servicios principales: madera y C orgánico. Este proceso de producción es acoplado, es decir, una de las salidas no puede producirse sin simultáneamente producir la otra hacia cierto nivel (Hoen y Solberg, 1994).

La fijación de C mediante la actividad forestal está en función de la acumulación y almacenamiento de biomasa. Por lo tanto cualquier actividad o práctica de ordenación que modifique la cuantía de la biomasa existente en una zona, influye en su capacidad de almacenar o fijar C. Se pueden aplicar distintas prácticas de ordenación forestal para reducir la acumulación de GEI en la atmósfera utilizando diferentes sistemas. Uno de ellos consiste en aumentar la tasa de acumulación de C, es decir la creación o aumento de τ <<sumideros>>. Este mecanismo es importante para las plantaciones forestales. Otro consiste en impedir o reducir la tasa de liberación de C ya fijado en un <<depósito> de C existente (Moura, 2001).

Si se demuestra que el cambio climático inducido por el hombre es real, entonces al incrementar las existencias de C (en forma de madera o productos forestales) se tendrán valores marginales positivos, a la vez que disminuyen las cantidades de CO₂ atmosférico. Si por el contrario el calentamiento global no es severo, un incremento de las existencias de madera tendrá un valor marginal positivo probablemente utilizándolas como madera. Esto agrega flexibilidad a los resultados futuros de las actuales acciones de manejo forestal (Hoen y Solberg, 1994).

Si una reducción marginal de CO₂ atmosférico aumenta la utilidad, entonces una contribución positiva a la utilidad se obtiene cuando la biomasa está creciendo, mientras que cuando la biomasa está decayendo (por acción natural ó antrópica) el efecto es una contribución negativa a la utilidad. Este es un panorama algo diferente comparado con el análisis económico de la producción maderera, donde la utilidad se obtiene cuando la madera es cosechada, asumiendo que un bosque en pie no provee

una utilidad marginal en sí mismo (por ejemplo por recreación o protección) (Hoen y Solberg, 1994).

Si el objetivo de manejo es encontrar una política para reducir la cantidad de CO₂ atmosférico en un período de tiempo dado (por ejemplo un año) comparado con un negocio tradicional de madera desarrollado sin cualquier consideración de CO₂, Hoen y Solberg (1994) plantean dos opciones relacionadas con la silvicultura:

1. Incrementar la cantidad de CO₂ fijado de la atmósfera por medio de la fotosíntesis (incrementado el crecimiento de la biomasa).
2. Reducir la cantidad de CO₂ emitida en la atmósfera como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica, es decir, incrementando el tiempo de vida del C orgánico (C en la madera de la biomasa, fibra de madera, árboles vivos, papel).

La plantación de árboles en los procesos de forestación, reforestación, rehabilitación de los bosques o actividades agroforestales da lugar a la fijación de C en curso de crecimiento de los árboles, es decir a la creación de nuevos sumideros. Aunque la fijación de C es frecuentemente objeto de discusión en el contexto del establecimiento de nuevos bosques, también se puede conseguir aumentando la tasa de crecimiento de los bosques existentes mediante tratamientos silvícolas como el aclareo, los tratamientos de liberación, la escarda o fertilización. Dado que los suelos almacenan grandes cantidades de C, las prácticas de ordenación que favorecen el aumento de la materia orgánica del suelo también puedan tener efectos positivos (Maura, 2001).

2.5 Servicios ambientales del bosque.

Las oportunidades y retos para los bosques se pueden definir y concentrar en dos grandes áreas: una la del manejo socioeconómico y dos la del manejo político económico; en esta última área se está pensando en los Servicios Ambientales, donde el reto será optimizar esquemas, mediante los cuales se reconozcan los servicios ambientales que produce el bosque, a quienes lo manejan sosteniblemente. Algunos servicios ambientales son: protección de la diversidad biológica para conservarla, su uso sostenible, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas y formas de vida; producción de agua para el consumo humano (urbano, rural o hidroeléctrico); belleza escénica como fuente de atracción turística y científica y fijación de gases con efecto invernadero (reducción, absorción, fijación y almacenamiento de carbono). Para que el sistema sea

sostenible, el cobro de los servicios ambientales debe ser internalizado por el mismo país o sociedad donde existen estos bosques, unos a nivel más local, otros a nivel más nacional y muchos de ellos, como en el caso de fijación de CO₂ a nivel mundial. En la actualidad no se puede pensar exclusivamente en los bosques como productores de madera, hay que ampliar esta visión y pensar en los bosques como productores de Servicios Ambientales (Tottenback, 1997, citado por Rodríguez, 2005).

2.6 Cuba y el cambio climático.

En Cuba se han fortalecido las actividades relacionadas con el tema del cambio climático a partir del año 1996, con la incorporación a la segunda fase del programa CC: TRAIN y la creación del equipo nacional de cambio climático.

El inventario nacional de la GEI no solo contribuye a mejorar los estimados de las emisiones globales sino que proporciona el basamento para la ejecución de diferentes acciones en el país, entre ellas la proyección de las probables emisiones en el futuro y la evaluación de estrategia de mitigación de las mismas (CITMA 1999).

De acuerdo a la Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), todos los países tienen responsabilidades comunes pero deferentes en el calentamiento global debido al incremento de la concentración de los GEI por causas antrópicas (UNEP Y UNFCC, 2001).

Durante la Cumbre de la Tierra efectuada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, Cuba firmó la CMNUCC, ratificándola el 5 de enero de 1994. Esta convención entró en vigor el 5 de abril de 1994. El fortalecimiento de las actividades sobre el cambio climático ocurre a finales de 1996 con la incorporación de Cuba en la segunda fase del programa CC: TRAIN y la creación del Equipo Nacional de cambio climático. Cuba aunque con una pequeña contribución a las emisiones de GEI, ha brindado una significativa atención a las actividades relacionadas con el cambio climático, especialmente en la ejecución de estudios técnicos que integran la Comunicación Nacional. También ha brindado cooperación técnica, a estos esfuerzos a los países que la han solicitado (INSMET, 1990).

Desde comienzo de la década de los años 90 el país ha estado fuertemente en las acciones relacionadas con el cambio climático global: La formulación de las

metodologías requeridas para su análisis; la evaluación periódica de sus emisiones, de los impactos esperables para cada sector económico, la identificación de las medidas de adaptación y mitigación necesarias para reducir sus influencias negativas y aprovechar las positivas, la adopción de compromisos internacionales para la estimación y reducción de emisiones, la aprobación para la ejecución de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio en el país, etc.

Al Cuba firmar y ratificar el CMNUCC asumió, implícitamente una serie de compromisos legalmente vinculantes, entre los cuales se encuentran la preparación y ejecución de estrategias de mitigación en diversos sectores económicos, de forma tal que ello permita o reducir sus emisiones, o aumentar sus emisiones o ambas alternativas simultáneamente.

Al realizar el análisis nacional de las fuentes de emisiones y de los sumideros existentes en el país, entre estos últimos los bosques y los suelos han sido identificados como los principales sumideros con que cuenta Cuba, por lo que la estrategia nacional de mitigación que formule el país tiene que contar con un componente forestal, donde se integre de forma única el manejo de los bosques y el uso de los suelos sobre los que éstos se establecen, recursos que hoy presentan no menos del 23% de la superficie nacional (Rodríguez, 2005).

2.6.1 Estrategia de mitigación.

Tres son las estrategias que pueden adoptarse en relación con el carbono presente en los bosques. La primera consiste en aumentar la tasa de acumulación de carbono mediante la creación o ampliación de sumideros de carbono (absorción del carbono). La segunda radica en impedir o reducir la emisión del carbono existente en los sumideros actuales (conservación del carbono). La tercera estrategia supone reducir la demanda de combustibles fósiles aumentando la utilización de madera, ya sea en productos de madera duraderos (es decir, la sustitución de materiales como el acero y el cemento con un alto consumo de energía) o como combustibles (sustitución del carbono). Estas estrategias pueden ser complementarias. Existen ya varias iniciativas encaminadas a la absorción y conservación del carbono, como las actividades realizadas conjuntamente que se desarrollan en el marco de la CMCC y los proyectos sobre el carbono relacionados con el cambio del uso de la tierra y la silvicultura.

Para poder obtener la absorción del carbono en cuanto al uso de las tierras y de la actividad forestal se pueden forestar, reforestar y restaurar aquellas tierras que se encuentren degradadas, se pueden aplicar técnicas silvícolas mejoradas para aumentar la tasa de crecimiento.

Para poder llevar a cabo la conservación del carbono es necesario conservar la masa, la biomasa y el carbón del suelo en los bosques existentes, realizar prácticas de aprovechamiento mejorado, protección contra incendios y utilizar quema controlada con mayor eficacia en bosques y sistemas agrícolas.

Si se mantiene un mayor índice de conversión de biomasa forestales productos de madera duraderos para sus utilidades en lugar de materiales que exigen un alto consumo de energía, una mayor utilización de biocombustibles (Ejemplo: introducción de plantaciones de bioenergía), Mayor utilización de los restos de la actividad de explotación para producir biocombustibles (Ejemplo, el aserrín); se obtendrá una mayor producción de carbono lo cual será sustituido por todos estos elementos (Bass et al, 2001).

La carencia de una estrategia de mitigación adecuada a las peculiaridades específicas de cada empresa forestal (EFI) del país constituye un impedimento para que el sector forestal pueda formular la Estrategia Forestal de Mitigación y contribuir con ello a la Estrategia Nacional de Mitigación del Cambio Climático por el país, en cumplimiento de los compromisos asumidos con el CMNUCC.

La ausencia de una experiencia nacional previa sobre la formulación de tales estrategias hace aconsejable que tal trabajo no se acometa de forma masiva y simultánea en todas las EFI del país sino que, por el contrario, se ejecuten inicialmente diversos estudios de caso, con características diferentes que permitan por una parte ir acumulando la experiencia necesaria al respecto, en tanto que por otra vayan ofreciendo una solución paulatina al problema que se enfrenta (Rodríguez, 2005).

Una estrategia de mitigación puede incluir una variedad de sectores económicos. Estos incluyen la demanda y sumideros de energía, forestal, agricultura y manejo de los desperdicios. Idealmente una estrategia de mitigación debe incluir el análisis del impacto de las acciones de mitigación (particularmente en el sector energético) sobre la macroeconomía. Los países deben enfocar estas evaluaciones a los tópicos más importantes, considerando los recursos disponibles para perfeccionar el estudio. Una evaluación debe incluir algunas consideraciones políticas y de programas que puedan

encausar la adopción de tecnologías de mitigación y prácticas (Sathaye y Mallares, 1995 citado por Rodríguez, 2005).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Característica de la UBPC “Dos Hermanos”.

3.1.1 Ubicación.

Ubicación geográfica.

La provincia de Cienfuegos se encuentra en la región centro sur del archipiélago cubano, limita al norte con la provincia de Villa Clara, al sur con el Mar Caribe, al este con la provincia de Santi Spíritus y al oeste con la provincia de Matanzas.

La Unidad Básica de Producción Cañera ” Dos Hermanos” se encuentra ubicada en el municipio de Rodas, en la zona geográfica de Dos Hermanos, el Lote no. 3, ubicado en la propia localidad que lleva el mismo nombre de la zona antes mencionada, entre las coordenadas geográficas $x = 273\ 000$; $x = 268\ 000$; $y = 545\ 000$; $y = 550\ 000$, limita al norte con la Granja Estatal Agropecuaria, de la Empresa Azucarera 14 de Julio, al sur con el Lote no. 2 , de la misma U.B.P.C., al este con el Lote no. 3, y al oeste con el Río Damují.

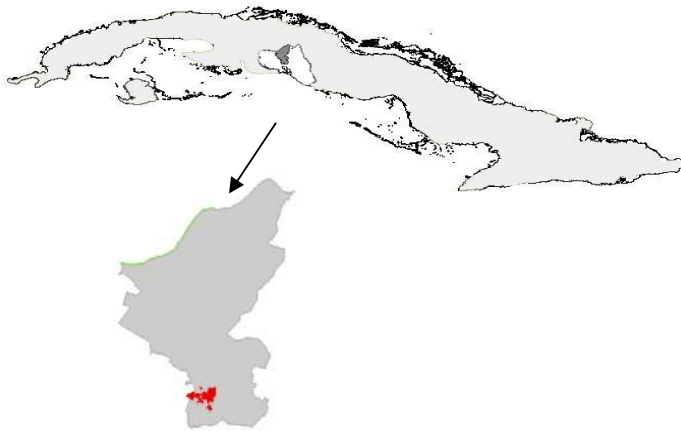


Figura 3.1 Ubicación de la UBPC “Dos Hermanos” .

3.1.2 Clima.

El clima es tropical húmedo, los vientos predominantes son los alisios del nordeste con gran influencia de los vientos del sur y la brisa marina. La temperatura media anual es de 25.2°C y la humedad relativa de 77,4% como promedio histórico, la precipitación promedio anual es de 1400 mm (Colectivo de Autores, 1998).

3.1.3 Relieve.

Se encuentra enmarcada en la llanura de Real Campiña que abarca la parte oeste de la provincia, donde están las llanuras, cársico acumulativa - pantanosa al borde Oriental de la Ciénaga de Zapata, abrasivo - acumulativa carsificada de Juraguá, eluvio - de luvial de Yaguaramas y la fluvio denudativa del Hanábana (Colectivo de Autores, 1998).

3.1.4 Suelo.

Existe una amplia diversidad de suelos en el patrimonio de la unidad, donde los más comunes son Ferralítico cuarcítico amarillento, Ferralítico rojo, Ferralítico rojo lixiviado y pardo con carbonato (Colectivo de Autores, 1998).

3.1.5 Cobertura Forestal.

El Patrimonio de la UBPC "Dos Hermanos" cuenta con 2529.5 ha de las cuales hay 1292.2 ha plantadas y 537.4 ha desforestadas, en la tabla a continuación se muestra de la forma que está repartido el patrimonio de la misma:

Tabla 2.1. Distribución del patrimonio de la UBPC “Dos Hermanos”.

Plantaciones Jóvenes (ha)	Plantaciones Establecidas (ha)	Bosques Naturales (ha)	Superficie Cubierta (ha)	Área desforestada (ha)	Área Agrícola y Cañera	Patrimonio (ha)
15.5	37.5	6.74	1292.2	537.4	3633.5	2529.5

3.1.6 Inventario Forestal.

Método de muestreo empleado para el inventario forestal.

Para la realización del inventario forestal se levantaron tres puntos de muestreos en cada rodal, utilizando el método de Bitterlich (área variable), con un factor de corrección K4. Además se utilizó una cinta diamétrica para las mediciones de diámetros y un Hipsómetro de Haga para estimar la altura. Para esto se realizó un recorrido por el lote, utilizándose como guía el mapa correspondiente a dicha área, para observar con lo que se contaba realmente en la misma. Con los datos obtenidos en el trabajo de campo se calcularon los diferentes parámetros dasométricos, donde se obtuvieron por rodal los datos generales de cada parámetro.

3.2 Estimación del carbono secuestrado.

Los métodos utilizados para la determinación del carbono retenido en la biomasa y el suelo fueron establecidos por Mercadet y Álvarez (2005).

3.2.1 Áreas Forestales cubiertas.

3.2.1.1 Biomasa forestal

La estimación de la Biomasa forestal del bosque se realizó a partir de un inventario por el método de Bitterlich (parcela de radios variables) y la densidad de las especies, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{BMF} = V \times (\Phi / 1000) \quad [1]$$

Donde

V= volumen en m³.

Φ= densidad en kg/m³.

BNF =Biomasa de los fustes.

Esta biomasa fue ajustada ya que la biomasa de los fustes no considera la totalidad del árbol por encima del suelo (ramas, follaje), por lo que fue necesario adicionar la biomasa restante mediante un factor de expiación de biomasa (FEB) (Brown, 1997, citado por Rodrigues y Corrales, 1998), aplicando la siguiente expresión:

$$\text{BMT} = \text{BMF} \times \text{FEB} \quad [2]$$

Donde

BMT = Biomasa total

FEB = Factor de expansión de la biomasa 1.74 (Mercadet y Álvarez, 2005).

3.2.1.2 Carbono en la biomasa forestal

La estimación del carbono retenido en la biomasa forestal se realizó utilizando el Factor de Contenido Medio de Carbono (FCMCm), mediante la siguiente expresión:

$$\text{CR} = \text{BMT} \times \text{FCMCm} \quad [3]$$

Donde

CR = Carbono retenido por la biomasa forestal

FCMCm = factor de contenido medio de carbono en la madera (0.5 coníferas y 0.45 latifolias) (Segura, 2001).

3.2.1.3 Carbono retenido en el suelo

Para el cálculo del carbono retenido en el suelo fue necesario estimar el contenido de carbono en el primer metro de profundidad del suelo, utilizando la superficie de bosques y

el valor promedio reportados para los bosques tropicales (VPCBT), en el caso de las plantaciones forestales:

- Plantaciones

$$CS = \text{Superficie [ha]} \times \text{VPCBT [t C/ha]}, \quad [4]$$

Donde

CS = Carbono retenido en el suelo

VPCBT = Valor promedio de carbono en el suelo de los bosques tropicales (VPCBT 123 (t C/ha)) (Gómez y Echeri, 2000).

3.3 CO₂ fijado por la biomasa.

El CO₂ capturado por los árboles, se determinó partiendo del peso del carbono presente en la biomasa y multiplicándolo por la relación existente entre el peso total de la molécula de CO₂ (44) y el átomo de carbono (12) (Ramírez, 1999) aplicando la siguiente expresión:

$$C02=C*Kr \quad [6]$$

Donde:

C02 =Toneladas de dióxido de carbono

Kr = 44/12.

3.4 Proposición de la Estrategia de Mitigación para la empresa.

Para la proposición de la estrategia de mitigación se identificaran las acciones que la empresa pudiera emprender para en el futuro pueda aumentar de forma adicional la capacidad potencial de retención de carbono.

3.5 Valoración económica de la captura de carbono.

Se valorará la venta de las toneladas de Carbono capturadas por el incremento en la biomasa de las plantaciones forestales de *Albizia procera* (Roxb.) Benth. En Hook. , como un servicio ambiental que puede ser de gran importancia para la UBPC “Dos Hermanos”, siendo Cuba un país en vías de desarrollo. Si se conoce que la tonelada de carbono se comercializa en los proyectos de Desarrollo Limpio a nivel internacional a un precio entre USD\$10,0 y USD \$ 20,0 y que el valor del canje de la moneda esta a 1, 00 dólar: \$ 0, 80 peso cubano.

Para determinar el costo para una tonelada de captura de Carbono se tomó el determinado por Díaz y Molano (2001), en estudios realizados en plantaciones del género *Eucalyptus*, que es de 4 USD\$/t de C capturado.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 La biomasa como sumidero de carbono.

Las plantaciones de la Unidad Básica de Producción Cañera "Dos Hermanos" almacenan 46,9 tC/ha en la biomasa, muy por debajo que los resultados obtenidos por Rodríguez, (2005) de 78,16 tC/ha en la EFI La Palma. Esto se explica que en esta UBPC las plantaciones son de albizia, la cual tiene una densidad 0,77 g/cm³ la madera, que es baja en comparación con otras especies que se encuentra en la Palma y el volumen de la madera por hectárea también no es el adecuado ya que estas plantaciones no se le han ejecutado labores silvícolas para aumentar el espaciamiento requerido. En la biomasa acumula actualmente 549,9 tC.

4.2 Carbono en el suelo.

El CO₂ y otros gases invernaderos, actúan atrapando la energía calórica (radiación solar de onda corta) reflejada de la superficie de la tierra y las nubes. Este calor retenido puede conducir al calentamiento global en el planeta. A través del secuestro de carbono, los niveles del dióxido de carbono atmosférico pueden reducirse en la misma medida que los niveles de carbono orgánico del suelo aumentan. Si el carbono orgánico del suelo no es alterado, puede permanecer en el suelo por muchos años como materia orgánica estable. Este carbono es entonces secuestrado o removido del fondo disponible para ser reciclado en la atmósfera. De esta forma se pueden reducir los niveles de CO₂, disminuyendo las probabilidades de calentamiento global (Espinoza, 2005).

La vegetación contribuye al mejoramiento del suelo forestal y por tanto a la retención o secuestro de carbono en suelo, por lo que la retención de carbono en el suelo de las plantaciones de la UBPC es de 2725,8 tC. Si comparamos el carbono en la biomasa con el carbono en el suelo podemos ver que el carbono que se retienen en el suelo es 4 veces mayor que en la biomasa área el cual concuerda con el criterio de Moreno et al (2002) con respecto que existe aproximadamente 3 veces más carbono en el suelo que en la vegetación, así lo demuestra la figura siguiente:

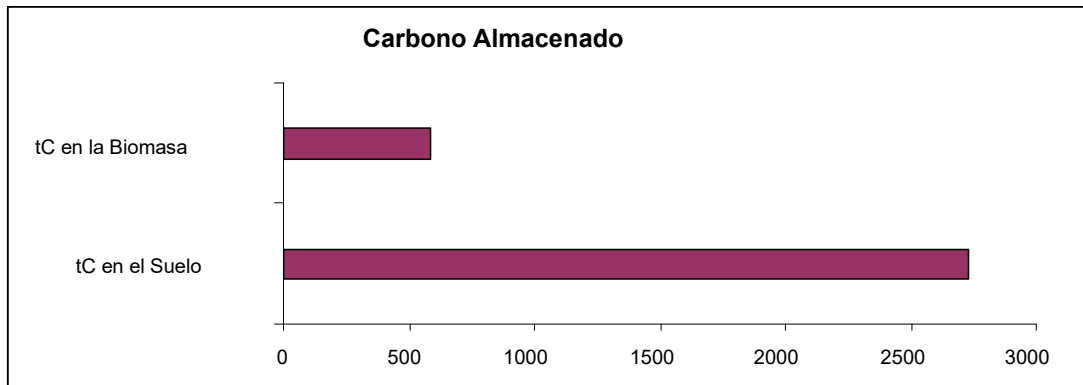


Figura 3.1. Almacenamiento de Carbono en la Biomasa y el suelo de las plantaciones forestales.

4.3 Retención total de carbono.

Las plantaciones de la Unidad Básica de Producción Cañera " Dos Hermanos" acumulan 3275,7 tC , que por hectárea serian 148,8 tC similar a los resultados obtenidos en la EFI de La Palma y de Ciego de Ávila dado que estas retienen 148,1 y 144,8 tC/ha según Mercadet y Álvarez (2007).

4.4 Proceso de fijación en los bosques.

Según Brown (1996) citado por Rodríguez 2005), la forma principal por las que los bosques pueden contribuir al cambio climático es mediante la influencia de los niveles de CO₂ de la atmósfera, y por consiguiente, en el ciclo global de carbono.

Las plantaciones fijan 2016,4 tC muy por debajo que los resultados obtenidos por Rodríguez (2005) en plantaciones de *Pinus caribaea* en La Palma, lo que demuestra la superioridad de las plantaciones de pino con respecto a las demás para fijar carbono atmosférico, dado por la capacidad biológica intrínseca de ser una especie de crecimiento rápido debido a su carácter heliófilo, no tolerante a la excesiva competencia y además por poseer en su biomasa grandes cantidades de lignina que la hacen mucho más promisoría para cumplir con el objetivo de secuestro de carbono, aunque las plantaciones de mayor extensión son los que deberían fijar más CO₂.

Por lo que es valido aclarar que la capacidad de absorción de carbono atmosférico también está relacionado directamente con el manejo que se le de a la masa boscosa, la variación en el clima y el incremento del CO₂ atmosférico (Brown, 2002).

4.5 Estrategia de mitigación para la UBPC “Dos Hermanos”.

La estrategia par la UBPC “Dos Hermanos” tendrá un punto de partida, que es aumentar la capacidad de secuestrar carbono atmosférico, implementado la misma según pueda ir ejecutando las medidas que se expondrán de la forma más conveniente y el tiempo que ellos crean necesario, dado a que en estos momentos la UBPC no tiene actualizado su manejo simplificado.

Objetivos:

1. Incrementar la retención de carbono en la UBPC.
2. Conservar el carbono retenido en las plantaciones.

Medidas adoptadas:

Para dar cumplimiento a los objetivos trazados se tendrán que cumplir las siguientes medidas.

- Para incrementar el carbono una de las medidas sería la creación o ampliación de sumideros de carbono, en este caso la reforestación, dado a que la Unidad Básica de Producción Cañera tiene 537.4 ha desforestadas, que almacenarían 5,5 tC/ha/año, es decir, almacenarían 29557 tC en 10 años con plantaciones de albizia. Las especies ha plantar deben ser de crecimiento rápido como el *Pinus caribaea*, el *Eucalyptus* sp y la *Tectona grandis*, ya que estas especies tienen un buen incremento en biomasa en otras plantaciones del municipio de Rodas y sería mayor el acumulado de carbono. Esta medida también beneficia el almacenamiento de carbono en el suelo ya que estos suelos cubiertos de plantaciones aportarían materia orgánica y aumentarían los niveles de carbono en el mismo según Bashkin y Binkley (1998), midieron los cambios en el suelo en estudios realizados de carbono en el suelo en el cambio del uso de suelo total luego de 10-13 años de haber establecido una plantación de *Eucalyptus saligna* sobre terrenos que estuvieron cultivado con caña de azúcar en Hawaii, encontrando que hubo un incremento de 11,5 tC/ha por causa de la plantación.

- Otra de las medidas para incrementar el carbono será un adecuado uso de los tratamientos silviculturales, ya que cuando se apliquen los tratamientos en el tiempo requerido se obtendrá mayores incrementos en biomasa y es uno de los problemas que ha estado presentando la UBPC “Dos Hermanos” que en las plantaciones de albizia hay una densidad de especies por encima de uno. Además es importante tratar de cumplir con los turnos de corta de las plantaciones, por lo que los árboles cuando llegan a su clímax apenas incrementan en biomasa, si se aprovechan y se vuelven a plantar se almacenará más carbono, contribuyendo a la fijación de CO₂ que tanto está afectando a nuestro planeta.
- Para la conservación del carbono las medidas están encaminadas a impedir o reducir las emisiones, en este caso el control y prevención de los incendios forestales ya que dado a los extensas sequías las probabilidades de incendios es alta y pueden afectar tanto como las plantaciones como las formaciones naturales, según la FAO (2001), las prácticas de control de incendios pueden favorecer la conservación de las existencias de carbono en los bosques.

4.6 Relación con la defensa civil.

Este trabajo está relacionado por su contenido con la defensa civil del país, principalmente en dos puntos en particular:

1. Con la lucha armada.
2. Con la economía.

Vínculo con la lucha armada.

Esta investigación tiene dentro de su contenido la implementación de una estrategia encaminada a aumentar la potencialidad de carbono, que al mismo tiempo proporciona beneficios con relación a la lucha, debido que entre las medidas está reforestar las áreas desforestadas lo cual en tiempo de guerra serían de gran utilidad, porque las mismas podrían servir de enmascaramiento a las tropas por estar cubierta de árboles, reduciendo la posibilidad que el enemigo ubique donde se encuentran los soldados nuestros, posibilitando tener un mejor desplazamiento en el terreno y reduciendo las bajas de nuestro ejército. También se pudiera utilizar la madera de algunas de las especies existentes en estas áreas para la confección de cajas de balas y cajones para transportar víveres. Además se puede utilizar en algunos casos para confeccionar culatas de fusiles.

Aporte económico.

Además constituye un renglón importante la implementación de la estrategia para la economía del país, ya que las acciones propuestas dentro de la misma brindarían no solo aporte en lo que es un servicio ambiental, sino lo que ganaría la UBPC “Dos Hermanos” ejecutando las medidas expuestas.

4.7 Valoración económica.

En la tabla 4.1, se observa las ganancias que la UBPC “Dos Hermanos” tendría si se comercializa la tonelada de carbono en los proyectos de Desarrollo Limpio a nivel internacional, con una ganancia de 21,6 USD\$/ha, lo cual ayudaría al desarrollo de la UBPC y a la mitigación de los cambios climáticos que tanto afectan a la humanidad en la actualidad.

Tabla 4.1 Utilidad del carbono secuestrado en la biomasa de las plantaciones de *Albizia procera*.

Especie	Hectáreas	Costo (USD\$)	Valor (USD\$)	Ganancia (USD\$)
<i>Albizia procera.</i>	22	173.5	650	477.2

Mediante una estrategia de tala y reforestación en las 22 ha de Albizia se obtendrían 45 m³/ha, para un total de 990m³ de madera la cual empleada como combustible, a un precio de \$9.80 el metro cúbico le ahorraría a la UBPC \$9702. Además de tener como otra fuente de ingreso el servicio de pagos por mantenimiento a la plantación forestal brindado por el servicio estatal forestal.

CONCLUSIONES

3. CONCLUSIONES

La biomasa forestal de la Unidad Básica de Producción Cañera " Dos Hermanos" constituye un importante sumidero de carbono, ya que la misma almacena 3275,7 tC.

Los resultados sugieren que la vegetación arbórea de la entidad en estudio, han contribuido a reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera con la absorción de 2016,4 toneladas del referido gas de efecto invernadero.

Los suelos de las plantaciones forestales UBPC retienen 1069337 tC, siendo los que más almacenan carbono.

Con la implementación de la estrategia la UBPC " Dos Hermanos" podrá en los próximos años incrementar 29557 tC en 10 años, en la biomasa de los árboles de sus plantaciones forestales, la cual mostrará un importante aporte a la mitigación del calentamiento global.

RECOMENDACIONES

4. **RECOMENDACIONES**

Que se continúe el estudio de almacenamiento de carbono atmosférico en la UBPC pero en todo su patrimonio.

Se realice el manejo simplificado en la UBPC "Dos Hermanos" para un mejor desarrollo de la misma.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ◆ Althof, P.1999. Field test of carbon monitoring methods in forestry projects. Winrock International. Arlington 70p.
- ◆ Álvarez B, A. 2001. Proyecto: El Cambio Climático y el Sector Forestal. Proyecto Ramal de Ciencia y Técnica. Instituto de Investigaciones Forestales. 16 p.
- ◆ Alfaro. M., M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en ecosistemas forestales. Forestal Centroamericana. Año 6 (19): 9-12, abril-junio.
- ◆ Álvarez B., Arnaldo. (2003). Como realizar los cálculos de las existencias de carbonos retenido por una empresa forestal. Proyecto 11.25. El sector forestal y el cambio climático como segunda aproximación. IIF. 5p.
- ◆ Brown, S.; Lugo, A. y Chapman, J. 1986. Biomasa of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget. Canadian Journal of Forestry Researche (16):390-394.
- ◆ Brown, S.; Sathaye, J.; Cannel, M. y Kauppi. P.E. 1996. Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. Commonwealth Forestry Review 75p.
- ◆ Brown, S. y Lugo, A. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forest and thier role in global carbon cycle. Biotropica (14): 161-187.
- ◆ Beaumont Roveda. 1999. El Protocolo de Kyoto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Nuevas Posibilidades para el Sector Forestal de América Latina y El Caribe. Departamento de Montes, FAO, Roma Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe.99p.
- ◆ Barres H. 1993. Carbon -fixing and timber production in tropical Klinki pine forest plantations .The Klinki pine Project.
- ◆ Brown, S.1996.A Primer for Estimating Biomass and Biomass Change in Tropical Forest. FAO. Cornavallis, Oregon 40p.
- ◆ Bashkin, M. A y Binkley, D.1998. Changes in soil carbon following aft forestation in Hawaii. Ecology 79 (3):828-823.
- ◆ Brown, S. 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. Enviromental Pollition. (116):363-372.

- ◆ Bass, A.; Lugo, A.; Sathaye, J.; Brown, S. 2001. Situación de los bosques del mundo. (En Línea). Disponible en: <http://www.FAO.org/docrep/003/y0900s/y0900s06.htm> (Consulta: 20 de marzo del 2007).
- ◆ Batjes, N. H. y Sombroek, W. G. 1997. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soil. *Global environmental*. New Jersey: Prentice-Hall. 376p.
- ◆ Castro Rúz, Fidel 2007. Reflexiones del Comandante en Jefe. La tragedia que amenaza a nuestra especie. (En Línea). Disponible en: <http://www.cuba.cu/gobierno/discursos/> (Consulta 25 de abril del 2007).
- ◆ Chávez, G. y Lobo, S. 2000. El pago de los Servicios Ambientales en Costa Rica. Información general. (En Línea). Disponible en <http://www.inbio.ac.cr/es/conserv/psa.htm> (Consulta: 10 de marzo del 2005).
- ◆ CITMA 1999. Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases Invernadero, Año base 1990, Habana, 26p.
- ◆ Cerri, Volkoff, y Andreaux (1991). Nature and behaviour of organic matter in soils under natural forest, and alter deforestation, burning and cultivation near Manaus. *Forest Ecology and Management* (38): 247-257.
- ◆ Colectivo de Autores. Estrategia Ambiental Provincial. Unidad de medio Ambiente, Cienfuegos 1998. 1-10pp.
- ◆ Díaz F., S. X. y Molano M., M. A. 2001. Cuantificación y Valoración económica de la Captura de CO₂ por plantaciones del genero Eucalyptus Establecidas por el Preca en las Cuencas carboníferas de César. Valle d3el Cauca-Cauca y altiplano Cundiboyacense. IUFRO-RIFALC: Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono, 16-20 de julio. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 18p.
- ◆ Díaz B., L. y Romero, C. 2001. Forest Management and carbon captured: analytical aspects and policy implications. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*. (1): 153-165
- ◆ Dauber, Terán y Guzmán (2001). Estimación de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. IUFRO-RIFALC: Taller internacional sobre secuestro de carbono; 16-20 de Julio. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 17p.

- ◆ Danley et al. (1997). The distribution of organic carbon in major components of forest located in five life zones of Venezuela. *Journal of Tropical Ecology*. (13): 697-708.
- ◆ Emrich, E.; Terán, J. Gusman, R. 2001. Estimaciones de carbono en bosques naturales de Bolivia. IUFRO-RIFALC: Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono; 16 – 20 de julio. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela. 17 p.
- ◆ Emrich, A.; Pokorny, B. y Sepp, C. 2002. Investigación de los bosques tropicales. Importancia del manejo de los bosques secundarios para la política de desarrollo. Eschborn. Ed: GTZ.98P.
- ◆ Espinoza, Y. 2005. Secuestro de Carbono en el Suelo. 8p.
- ◆ Fan, S.; Gloor, M.; Mahlman, J.; Pacala, ; S.; sarmiento, J. 1998. A large terrestrial carbon sinks in North America implied by atmospheric and oceanic carbon dioxide data and models. *Science* 282: 442-446.
- ◆ FAO. 2001. Situación de los Bosques del Mundo 2001. Ediciones FAO. Roma. 175p.
- ◆ Gómez, F. y Echeri, L. 2000. Climate Change and Development. Yale School of Forestry & Environmental Studies and UNDP. 427p.
- ◆ Gayoso (2001). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono., 16-22 Julio. Universidad de Los andes. Mérida, Venezuela.9p.
- ◆ Grace, L.; Malhi, Y .; Lloyd, J.; McIntyre, J.; Miranda, A. 1996. The use of hedí covariance to infer the net carbon dioxide uptake o brazilia rain forest. *Global Change Biology* 2: 209-217.
- ◆ Hamburg, Steven P. 2000. Simple rules for measuring changes in ecosystem carbon in forestry-offset projects. *Mitigation and adaption strategies for global change*, 5, 25–37.SCIRUS. Secuestro de carbono en bosques- El papel del suelo.(En Línea).Disponible en <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticuloss.asp?IDArticulo=1127>(Consulta: 20 de abril del 2007).
- ◆ Hoen, H. y Solberg, B. 1994. Potencial and economic efficiency of carbon sequestration in forest biomass through silvicultural management. *Forest Science*. 40 (3): 429-451.

- ◆ INSMET. 1990. República de Cuba. Inventario Nacional de emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero. La Habana. Ed: GEO. 715p.
- ◆ Jandl, R. 2001. Secuestro de Carbono en bosques. El papel del Suelo. IUFROFALC: Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono., 16-20 julio. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 9p.
- ◆ Kirklund, B. 1990. Como pueden contribuir los bosques y las industrias forestales a reducir el exceso de anhídrido carbónico en la atmósfera. Unasyva 43 (163): 12-14.G
- ◆ Lopera Gutiérrez (2000). Viabilidad Técnica y Económica de la Utilización de Plantaciones de Pinus patula como sumidero de CO₂. Trabajo de grado presentado como requisito parcial como requisito para optar al título de ingenieros forestales. Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. 143p.
- ◆ Mercadet, A. y Álvarez, A. 2005. Metodología para el establecimiento de la línea base de retención de carbono por las empresas forestales de Cuba. Inf. Final del Subproyecto 11.25.03. Programa Ramal de Medio Ambiente, MINAG. 27 p.
- ◆ Moreno C., Elvia; Guerrero P., A.; Gutiérrez C., María del Carmen; Ortiz S., C. A. y Palma L., J. 2002. Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. Madera y Bosques. Vol. 8. Número especial (1): 115-128.
- ◆ Mercadet. A y Álvarez, A. 2007. Cambio Climático: estudios de impactos y mitigación en el sector forestal cubano. Revista de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF).48p.
- ◆ Martínez DE Saavedra J.; G. Sánchez.2001. El proceso de cuantificación nacional de los sumideros de carbono en los sistemas forestales españoles. Memorias del Congreso Forestal Español.
- ◆ Malhi , Y. ; Nobres, A; Grace, J.; Krujit, B.; Pereira , M. 1998. Carbon dioxide transfer over a central amazonia rain forest. Journal of Geophysical Research 103. (D24): 31593-31612.
- ◆ Moura, C.; P. 2001. La Convención sobre el clima y el mercado de las contrapartes de las emisiones de carbono basadas en las actividades forestales. Unasyva. Vol. 52 (206): 34-40, marzo.

- ◆
- ◆ Makundi, W.; Rozali, W.; Justin J.; D. y cyril, P. 1999. Los bosques tropicales en el Protocolo de Kyoto. *Actualidad Forestal Tripocal*. 6 (4): 5.
- Ortiz, R. 1997. Costa Rica secondary forest: an economic option for joint implementation initiatives to reduce atmospheric CO₂. Draft paper presented for inclusion in the Beijer Seminar in Punta Leona. Costa Rica. 19p.
- ◆ Pedroni, L. 1999. Implementación Conjunta y Desarrollo Limpio: antecedentes a nivel mundial. *CATIE. Manejo Forestal Tropical*. (10):1-6 pp, octubre.
- ◆ Philips, O., Malhi, Y .; Higuchi, N.; Laurence, W.; Núñez, P . ; Vásquez, R.; Brown, S. 1988. Changes in the carbon balance of tropical forest: evidence from long-term plots. *Science*. 282: 439-442.
- ◆ Ramírez, Gómez y Schultz, S. 1997. Valuing the contribution of plantation forestry to the national account of Costa Rica. 28p.
- ◆ Ramírez, O.A.1999. Estimación y valoración económica del almacenamiento de carbono. *Revista Forestal Centroamericana*. No27.julio-Septiembre17-22p.
- ◆ Rodríguez, J. y Corrales, L. 1998. Estimación de la cantidad de carbono almacenado y captado (masa aérea) en los bosques de la República de El Salvador. Septiembre. 37p.
- ◆ Rodríguez, J.L.2005.Estrategia de mitigación del cambio climático para la EFI La Palma.Tesis en opción al título académico de Master en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río.80p.
- ◆ SEF. 2005. Dinámica Forestal. Provincia: Cienfuegos. Municipio: Abreus.
- ◆ Segura, M. 2001. Estimaciones de carbono en ecosistemas forestales: los aportes de los modelos de biomasa. *CATIE. Curso Internacional 24-28 septiembre*.Sancho y Pratt.1999. Estimación del Costo Marginal de los Servicios de Fijación de Carbono en Costa Rica. 30p.
- ◆ Tipper, R. 1998. Avances en la compensación de las emisiones de carbono. *Actualidad Forestal Tropical*. 6 (1): 2-4p.
- ◆ UNEP y UNFCCC. 2001. Climate Change. Information Kit. 30p

6. ANEXOS.

6. ANEXOS.

Borrar esta nota: Se incluyen todos aquellos documentos que resulten necesarios para la mejor comprensión de los aspectos expuestos y dado su tamaño o uso reiterado no se justifica colocarlo en el cuerpo de la tesis. **Fin de la nota.**