

## INDICE

I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	1
III. Antecedentes.....	1
Efecto Invernadero, el Cambio Climático, IPCC .....	1
CMCC, Protocolo Kyoto, Mecanismo Flexibles y altenos.....	2
Metodología general para inventarios de carbono.....	3
IV. Metodología.....	4
V. Resultados y discusión.....	4
▪ Premuestreo y estimación del stock de carbono para el área Occidental del país, realizada por parte de CARE (1988) .....	4
▪ Caracterización Vegetal y de Suelos de Bosques Secundarios en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén, Guatemala.....	5
▪ “Validación de campo de los Métodos del Instituto Winrock para el Establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo de Cuantificación de Carbono en Sistemas Agroforestales. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.....	6
▪ Inventarios de Carbono en Bosque de coníferas y bosques nubosos de Chiquimula, Guatemala.....	6
▪ Cuantificación estimada del Dióxido de Carbono fijado por el agrosistema café en Guatemala.....	7
▪ Proyecto de Reducción de Emisiones en Sierra de las Minas.....	9
▪ Potencial de Carbono y fijación de Dióxido de carbono de la Biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de la República de Guatemala .....	9
▪ Valores de Fijación de Carbono para Bosques Latifoliados y Mixtos de la Cuenca Sur del Lago de Atitlán. ....	10
▪ Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo. ....	11
▪ Estimación de la ecuación de Biomasa para Cuantificar el Carbono que fija el árbol de Hule ( <i>Hevea brasiliensis</i> ) en las plantaciones de la Costa Sur de Guatemala. ....	11
▪ Estudio Preliminar para la Estimación de Biomasa y Cuantificación de Carbono para <i>Vochysia guatemalensis</i> , <i>Calophyllum brasilense</i> y <i>Cybistax donnell-smithii</i> en Bosque Naturales de Guatemala.....	12
▪ Estimación de Biomasa y Carbono para <i>Pinus oocarpa</i> Schiede, <i>P. maximinoi</i> H.E. Moore y <i>P. caribaea</i> Morelet. var. hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala.....	12
▪ Evaluación del Potencial de Mitigación del Sector Forestal para el Cambio Climático en Guatemala. ....	13
▪ Estimación del Carbono fijado por plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> en funcion de su edad, en Livingston, Izabal, Guatemala.....	13
▪ CARE y su trabajo con respecto a la Captura de Carbono en Bosques del Altiplano Guatemalteco.....	14
VI. Conclusiones .....	17
VII. Recomendaciones .....	17
VIII. Literatura consultada.....	18

# AVANCES DE LA MEDICIÓN DE CARBONO EN BOSQUES, PLANTACIONES Y SISTEMAS AGROFORESTALES DE GUATEMALA

## ***Ing. Forestal Alma Eugenia Quilo Coronado***

Centro de Estudios Ambientales-Universidad del Valle de Guatemala (CEA-UVG)

11calle 15-79 zona 15 Vista Hermosa III, Guatemala, GUATEMALA.

(502) 5306-4770 / 2368-8353

[aleuqco1@gmail.com](mailto:aleuqco1@gmail.com)

GUATEMALA.

## **I. Introducción**

Debido a la preocupación por el planeta tierra y las consecuencias que han traído las distintas actividades del humano, hoy en día se habla mucho acerca de la mitigación del cambio climático. La disminución de los GEI, mediante la promoción de la conservación de bosques naturales, plantaciones forestales o sistemas agroforestales, es una de las actividades por realizar.

El interés en contribuir con este aspecto por parte de Guatemala inicio hace varios años, sin embargo, formalmente se comenzaron proyectos en los años 80's.

El presente documento tiene como fin recopilar la mayor información posible de los estudios realizados en Guatemala acerca de la "Cuantificación de Carbono en Bosques, Plantaciones y Sistemas Agroforestales". El objetivo principal es de dar a conocer en conjunto, lo que se ha avanzado en nuestro país respecto al tema, y así unificar fuerzas para plantear nuevos proyectos buscando entrar en las negociaciones de pagos por servicios ambientales.

## **II. Objetivos**

- Recopilar toda la información posible realizada en Guatemala acerca de la Medición de Carbono en bosque, plantaciones y sistemas agroforestales.
- Poner a disposición un documento que abarque de manera conjunta los resultados y conclusiones de cada uno de los estudios realizados hasta la fecha (2,007).

## **III. Antecedentes**

### **Efecto Invernadero, el Cambio Climático, IPCC**

La tierra esta cubierta por una capa de gases que deja entrar energía solar, la cual calienta la superficie de la tierra. Algunos de los gases en la atmósfera - llamados los gases de efecto invernadero (GEI) - impiden el escape de este

calor hacia el espacio. Este es un efecto natural que mantiene la tierra a una temperatura promedio arriba del punto de congelación del agua y permite la vida tal como la conocemos. Pero, las actividades humanas están produciendo 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 (Smith *et al*, 2001).

“Nos quedamos sin tiempo” es una de los comentarios hechos por el comité que realizó el último informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático. El cambio climático afecta ya a millones de personas, ecosistemas y especies en todas las regiones del mundo. Sin embargo, a no ser que actuemos ahora inmediatamente reduciendo las emisiones, es probable que el cambio climático provocará mayores impactos y más severos tales como la extinción masiva de las especies; la escasez de agua, que afectará a miles de millones de personas; aumentará la sequía; subirá el nivel del mar; habrá más huracanes y tormentas, se producirán más inundaciones, más hambre y miseria por la disminución de la producción de alimentos en las países más pobres del mundo (IPCC, 2007).

En febrero de este año el informe del IPCC "El cambio climático 2007: Los fundamentos de la ciencia física", expresa con un mayor grado de confianza respecto a las evaluaciones anteriores, que la mayor parte del calentamiento observado durante el medio siglo pasado es causado por actividades humanas (con un 90% de certeza). Este informe agrega más detalle, documentando el efecto que la elevación de las temperaturas ha tenido en las personas y los ecosistemas y en lo que ocurrirá en el futuro bajo distintos escenarios (IPCC, 2007).

### **CMCC, Protocolo Kyoto, Mecanismo Flexibles y altenos**

En 1992 en la Conferencia para el Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU en Brasil, fue presentada la Convención Marco de Cambio Climático (CMCC). La CMCC tiene como objetivo estabilizar las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero a un nivel que prevenga los impactos peligrosos de las actividades humanas en el sistema climático. La CMCC no es un documento completo, sino una serie de protocolos que coordinan las negociaciones al nivel internacional (www.wwf.com, 2006).

Uno de estos protocolos es el de Kyoto firmado en Diciembre de 1997, en este se incluyen límites legalmente vinculantes para las emisiones de GEI de los países industrializados a quienes compromete a reducir, en conjunto, las emisiones de GEI en 5% bajo de los niveles del 1990 (el año base), durante el período comprendido entre los años 2008 a 2012 (Brown, 1998). Los países en desarrollo (países no incluidos en el Anexo B) no están obligados a reducir sus emisiones y dependiendo de las políticas y requisitos que se manejen estos pueden ser unos de los beneficiados directos, aplicando a los negocios verdes (Fundación Solar, 2000).

El protocolo de Kyoto estableció 3 mecanismos para facilitar lograr los objetivos de la CMCC, y ayudar a los países industrializados alcanzar sus límites, éstos conjuntamente se llaman “mecanismos flexibles”. Estos mecanismos son:

- a. Implementación Conjunta (IC): que es el desarrollo de los proyectos que tienden a reducir o fijar emisiones de GEI entre entidades pertenecientes al Anexo 1 del Protocolo de Kyoto (Países desarrollados o en economías de transición) de la Convención.
- b. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): son proyectos de reducción o desplazamiento de emisiones de GEI entre una entidad perteneciente a un país del Anexo I y otra entidad que no pertenece a este anexo. Es aquí en donde Guatemala puede participar.
- c. Intercambio de Emisiones y Créditos - QUELRO's – (obligaciones de Reducción y Limitación de Emisiones Cuantificadas): estos proyectos permiten a un país del Anexo I comerciar el excedente de reducción de emisiones a que esta sujeto de acuerdo al Protocolo de Kyoto, a otro país de este mismo anexo que necesite de esta reducción para cumplir con sus compromisos. En términos de proyectos de fijación de carbono en países en desarrollo, el Mecanismo de Desarrollo Limpio es el mecanismo flexible relevante ([www.cambio-climatico.com](http://www.cambio-climatico.com), 2006).

Para el caso de Guatemala hoy en día cuenta con altas posibilidades de vender bonos de carbono, fuera de lo que es el Protocolo de Kyoto, especialmente a la unión europea (Diario de Centro América, ago 2007).

### **Metodología general para inventarios de carbono**

A muy grandes rasgos, a continuación se describirá la metodología de campo y laboratorio para realizar los inventarios de carbono.

Como primer punto en base a imágenes satelitales u ortofotos se elaboran distintos mapas temáticos del sitio elegido y se hace un diseño del muestreo de parcelas al azar para así dirigirse a campo en donde se localizar el punto utilizando sensores remotos (GPS).

Estando en el punto según las coordenadas se procede a trazar la parcela, puede ser circular o rectangular, pero concéntricas. Dentro de la parcela de menor tamaño se colecta la información de peso total húmedo de la hojarasca y malezas, de cada una de ellas se toma una muestra al igual que para el suelo, sin embargo, este en un tubo de densidad. En la parcela mediana se hacen las mediciones de los arbustos y árboles jóvenes que tengan de 2.5cm a 9.9cm de diámetro y por último se realizan las mediciones de DAP (>10cm) y altura para los árboles, en la parcela mayor tamaño. El tamaño de las parcelas puede variar dependiendo la información que queramos colectar pero sobre todo de las condiciones del terreno.

Las muestras colectadas en campo se llevan a laboratorio para ponerlas en hornos de convección y así conocer la cantidad de humedad y materia seca que cada una posee, teniendo la biomasa se procede a calcular el contenido de

carbono utilizando el factor de 0.5 el cual nos hace referencia a que todo ser vivo sin agua corporal posee 50% de moléculas de carbono.

El trabajo que se realiza para el suelo es más laborioso y de mayor costo ya que para determinar el carbono orgánico se utilizan métodos de oxidación química.

Para el cálculo general de toneladas por hectárea de cada componente evaluado por bosque o plantaciones se utiliza la base de datos CARFOR que ayuda a sintetizar y a realizar los cálculos de manera automática.

Para la generación de ecuaciones de biomasa para árboles, se ha utilizado una metodología destructiva debido a que ha sido necesario tumar como mínimo 10 árboles de la especie en estudio, para así obtener el peso total de estos (fuste, ramas, ramillas y hojas), para los distintos estudios se ha coordinado para que en el área a trabajar se este llevando a cabo un aprovechamiento bajo licencia o se tenga la aprobación de las oficinas forestales del municipio.

Con la información de campo se procede a la fase de laboratorio para luego iniciar a generar ecuaciones en base a distintas correlaciones hasta ubicar la de mejor representación ( $r^2$  cercano a uno).

#### **IV. Metodología**

Para llevar a cabo este trabajo se inició con la búsqueda de documentos relacionados al tema de captura de carbono o cualquier otro relacionado con el cambio climático, de Guatemala. Teniendo éstos se procedió a realizar una revisión bibliográfica de cada uno de los trabajos. Además se realizaron entrevistas con algunos de los autores de dichos estudios.

Por último, se sistematizó la información para formular un nuevo documento que resume los resultados y conclusiones de cada estudio sobre captura de carbono realizado en el país, hasta la fecha.

#### **V. Resultados y discusión**

- Premuestreo y estimación del stock de carbono para el área Occidental del país, realizada por parte de CARE (1988)

Se puede mencionar que en Guatemala el interés en las mediciones del stock de carbono en bosques comunales y municipales surge por parte del trabajo realizado por CARE, quienes en 1974 inician las actividades del proyecto Agroforestal enfocado a propiciar el desarrollo forestal comunitario.

Pero no fue hasta 1988 que Applied Energy Service (AES) solicitó a World Resource Institute (WRI) evaluar e identificar proyectos forestales para compensar las emisiones de carbono de una nueva planta.

WRI propuso a CARE Guatemala por la experiencia en el tema, apoyo y participación local, habilidad de apalancamiento de fondos, entre otros. Se firmo un memorandum de Acuerdo por un aporte de \$2,000.000 para un lapso de 10 años con un compromiso de 5.2 millones ton/C. 1988-1999.

En la evaluación de medio término (1996) realizada por World Resources Institute que utilizó el LUCS (Land Use Carbon Sequestration) definieron un cálculo de 11.5 millones de t/c de carbono fijado por actividades del proyecto distribuidas en varios departamentos, Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango y Totonicapán.

En 1999 se realizó la evaluación final del proyecto por parte de WINROCK International tomando datos de una muestra de reforestaciones y sistemas agroforestales utilizando los siguientes promedios: Sistemas agroforestales: 16.80 t C/ha y para plantaciones: 29.17 t C/ha, resultado de la evaluación un total de 270,000 t/C. Sin incluir la reducción a la deforestación y degradación de bosques, regeneración natural y conservación de suelos <sup>1</sup>.

- Caracterización Vegetal y de Suelos de Bosques Secundarios en la Reserva de la Biosfera Maya en Petén, Guatemala

Durante junio y julio de 1997 gracias al apoyo e la universidad de Indiana al aceptar la propuesta de proyecto del estudiante de doctorado, Edwin Castellanos, en el área norte del país, Petén, se realizaron algunas mediciones de carbono en los bosques latifoliados dentro de la Reserva de la Biosfera Maya.

Los sitios de muestreo se localizaron en los alrededores de la comunidad de Carmelita y de la Estación Biológica Las Guacamayas manejada por la organización Pro Petén. De esta misma organización colaboraron Gustavo Rodríguez y Ramón Manzanero.

La metodología consistió en desarrollar un inventario de diámetros de árboles ubicados dentro de parcelas de tamaño proporcional, siendo todo el inventario desarrollado bajo el esquema de parcelas cuadradas concéntricas en donde también se muestreo la hojarasca y el suelo.

Para obtener los valores de biomasa se utilizaron ecuaciones de biomasa generales (no específicas para el país) para regiones húmedas para luego hacer cálculos y obtener el carbono capturado por hectárea. El promedio generado para ese tipo de bosque resulto con una variabilidad de  $\pm 70$ ton C/ha debido a que incluye 4 parcelas muestreadas en las partes “bajas”, áreas inundables, las cuales mostraron valores mas bajos de biomasa que los terrenos no inundables (altos) en donde se realizo el resto del muestreo para sumar un total de 14 parcelas.

---

<sup>1</sup> Flores, C. Chuc, R. 2007. Comunicación Personal. CARE Quetzaltenango.

**Cuadro 1. Resultados en ton C/ha para el trabajo realizado a los alrededores de Carmelita y la Estación Biológica Guacamayas (1997).**

Sitio	Árboles	Sotobosque	Hojarasca	Suelo (10cm)	Total
	Toneladas de carbono por hectárea (ton C/ha)				
Carmelitas/Guacamayas	99.9	14.3	3.74	81.2	199

2

- “Validación de campo de los Métodos del Instituto Winrock para el Establecimiento de Parcelas Permanentes de Muestreo de Cuantificación de Carbono en Sistemas Agroforestales. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.

Winrock Internacional proveyó fondos mínimos para validar una metodología de cuantificación de carbono en sistemas agroforestales. Lilian Márquez hizo esta validación metodológica como su tesis de licenciatura en Ingeniería Forestal de la Universidad del Valle de Guatemala. El esfuerzo consistió en probar en el campo la metodología propuesta por Winrock, en el sistema agroforestal de café en la Unión, Zacapa. Se visitaron los cafetales de al menos 30 pequeños caficultores determinando el contenido de carbono en árboles de sombra, cafetales, plantas de banano, hojarasca y suelo. El esfuerzo desarrolló una ecuación de biomasa para banano y café<sup>3</sup>.

- Inventarios de Carbono en Bosque de coníferas y bosques nubosos de Chiquimula, Guatemala.

Continuando con la iniciativa de este tipo de inventarios, en 1998, el Dr. Edwin Castellanos de la Universidad del Valle de Guatemala en colaboración con varios investigadores de la Universidad de Indiana y estudiantes del Centro Universitario de Oriente realizó un inventario de carbono en Chiquimula, Guatemala. Los sitios visitados fueron: las comunidades de Las Cebollas, quienes poseen 2 bosques y el Tesoro; y las fincas San José y Tachoche. Los bosques de coníferas de el Tesoro y las Cebollas son utilizados como fuentes de leña y de madera de construcción. El bosque comunal latifoliado de Cebollas y el bosque de coníferas de San José están protegidos y sin ningún aprovechamiento reciente. El bosque de coníferas de Tachoche se encuentra en un sistema de rotación para aprovechamiento.

El inventario se realizó utilizando parcelas cuadradas concéntricas, un total de 165 distribuidas en los 5 bosques. El total de carbono estimado tiene un rango de variabilidad de  $\pm 50$  ton C/ha. En el cuadro siguiente se presentan los resultados de carbono capturado por cada uno de los componentes evaluados dentro de los 5 bosques.

<sup>2</sup> Castellanos, E. 2007. Comunicación Personal. Universidad del Valle de Guatemala. Fundación Solar. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo. Guatemala. 33pp.

<sup>3</sup> Márquez, L. 2007. Comunicación Personal. Universidad del Valle de Guatemala.

**Cuadro 2. Resultados en ton C/ha para el trabajo realizado en bosques de Chiquimula, (1998).**

Sitio	Árboles	Sotobosque	Hojarasca	Suelo (10cm)	Total
	Toneladas de carbono por hectárea (ton C/ha)				
San José (n=51)	67.10	6.45	5.05	31.10	109.70
Tachoche (n=40)	64.80	6.40	6.79	47.30	125.29
Tesoro (n=40)	63.50	2.30	2.08	37.50	105.38
Las Cebollas coníferas (n=19)	42.60	4.30	7.90	36.50	91.30
Las Cebollas latifoliadas (n=15)	91.20	7.10	6.10	71.00	175.40

4

- Cuantificación estimada del Dióxido de Carbono fijado por el agrosistema café en Guatemala

Este trabajo surgió en mayo de 1998 gracias al apoyo de AID en colaboración de ANACAFE. El objetivo principal fue el generar y/o adaptar una metodología que permitiera cuantificar a nivel de estimado, por medio de la biomasa del agrosistema café ubicado en las distintas zonas de Guatemala, la fijación de CO<sub>2</sub> (en tMC/ha).

ANACAFE utilizó una metodología para el muestreo, de estratificación basada en rangos de altura sobre el nivel del mar y el nivel de producción (quintales en pergaminos) de cada una de las fincas evaluadas por región.

**Cuadro 3. Distribución de las fincas muestreadas, según su región, altura y nivel de producción.**

Reg. Cafetalera	I			II			III			IV			V			VI			VII			Total
	G	M	P	G	M	P	G	M	P	G	M	P	G	M	P	G	M	P	G	M	P	
Alta, 4500 - 6000	1	1	1	0	2	1	4	1	2	2	1	1	1	1	0	1	2	0	0	1	0	23
Media, 3000 - 4500	4	1	0	2	2	1	1	1	2	4	3	1	2	2	1	4	1	0	1	3	1	37
Baja, 1000 - 3000	2	1	1	1	2	1	1	1	0	1	0	0	0	1	4	3	1	1	1	0	1	23
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>83</b>
<b>Total/Región</b>	<b>12</b>			<b>12</b>			<b>13</b>			<b>13</b>			<b>12</b>			<b>13</b>			<b>8</b>			

**G** = gran productor (36 fincas, - 43.37% -), más de 500 qq pergamino;  
**M** = mediano (28 fincas, - 33.73% -), 50 a 500 qq pergamino;  
**P** = pequeño (19 fincas, - 22.89% -), hasta 50 qq pergamino.

<sup>4</sup> Castellanos, E. 2007. Comunicación Personal. Universidad del Valle de Guatemala.  
Fundación Solar. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo. Guatemala. 33pp.



Dentro de este estudio se hizo bien la diferencia en lo que respecta a la biomasa arriba y abajo del suelo ya que en la mayoría de los casos la biomasa abajo del suelo, o sea, sistema radicular de la vegetación presente no se toma en cuenta por la mayor dificultad en obtenerlo, tiempo y costos.

**Cuadro 4. Contenido de carbono (tC/ha) de los distintos componentes del agrosistema de café y total de cada uno de ellos por región.**

Región	BIOMASA Arriba Suelo	BIOMASA Abajo Suelo	Hojarasca	SUELO	TOTAL
	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha	ton/ha
REGION I	17.92	1.77	5.6	39.1	63.92
REGION II	18.52	1.52	5.75	79.8	103.67
REGION III	31.01	3.3	5.5	37.33	75.87
REGION IV	36.11	4.49	6.71	63.44	110.74
REGION V	19.89	1.7	6.25	76.17	103.49
REGION VI	17.39	1.77	7.38	79.94	103.64
REGION VII	19.57	1.97	6.56	44.43	72.53
<b>Media</b>	<b>23.26</b>	<b>2.4</b>	<b>6.23</b>	<b>60.79</b>	<b>91.64</b>
<b>Desv. Est.</b>	17.29	2.49	3.48	34.65	38.57
<b>Error Standard</b>	<b>1.89</b>	<b>0.27</b>	<b>0.38</b>	<b>3.8</b>	<b>4.23</b>
<b>Error de Estimación</b>	<b>3.72</b>	<b>0.53</b>	<b>0.75</b>	<b>7.45</b>	<b>8.29</b>
<b>(95 % de confiabilidad)</b>					
<b>% Carbono Total</b>	<b>25.38%</b>	<b>2.62%</b>	<b>6.80%</b>	<b>66.33%</b>	<b>100.00%</b>

Utilizando estos resultados (91.64 ton C/ha) se realizaron las estimaciones para generalizar a nivel nacional el stock de carbono capturado por el agrosistema de café, por lo que para el año 1998 en Guatemala habían sembradas 262,500 hectáreas de café contribuyendo con un total de 24,056,786.00 toneladas de carbono fijadas.

El estudio también contemplo algunas mediciones en áreas con distintos usos de la tierra con el fin de tener parámetros de comparación y referir si el sistema de café es de alto beneficio o no. Muestrearon en un bosque de coníferas (155.39 tC/ha), bosque latifoliado (266.41 tC/ha), bosque secundario latifoliado (120.53 tC/ha), terrenos en descanso (75.24 tC/ha), potrero (72.24 tC/ha) y un área con cultivo de milpa (61.66 tC/ha). Con estos datos se puede decir que el sistema de café si es mas eficaz que otros para la captura de carbono debido a que posee vegetación arbórea, además es una manera de maximizar la tierra ya que de este se obtienen las ganancias por la venta del café y se logran otros productos como la leña o forraje en algunos casos.

La ecuación de biomasa para los cafetales que se utilizo en este proyecto fue:

$$Y = a + (b \cdot (\exp(-H/c))) \quad \text{Winrock, 1998} \quad R^2 = 0.98$$

- Y = biomasa en gramos
- a = 0.67134058 (constante)
- b = 0.00072208395 (constante)
- c = 0.40531445 (constante)
- H = altura en metros<sup>5</sup>

<sup>5</sup> ANACAFE. 1998. "Cuantificación Estimada del Dióxido de Carbono fijado por el Agrosistema Café en Guatemala. Guatemala.

- Proyecto de Reducción de Emisiones en Sierra de las Minas

Durante 1998, en colaboración tripartita (REPSO Central America/Fundación Solar/ Defensores de la Naturaleza) formularon un proyecto con el fin de disminuir la presión sobre los recursos naturales de Sierra de las Minas y reducir la emisión de dióxido de carbono proveniente del uso de leña que para ese entonces ambas cosas eran las que representaban la mayor emisión de contaminación a la atmósfera, para ese año se estimaron aproximadamente 536,917 toneladas de carbono emitidas por año con lo que el proyecto que consistía en la implementación de tecnología eólica, podía llegar a reducir drásticamente esa cifra, logrando así una mejor calidad de vida para las personas locales ya que se reduciría la tasa de enfermedades respiratorias, entre otras.<sup>6</sup>

- Potencial de Carbono y fijación de Dióxido de carbono de la Biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de la República de Guatemala

En septiembre de 1996, la Universidad de Harvard y el Instituto Centroamericano de Administración de Empresas (INCAE) emprendieron un proyecto de 3 años para proveer asesoría a las naciones de Centroamérica en la formulación de una estrategia competitiva que integre sus vastos recursos biológicos y su capital humano altamente emprendedor de manera innovadora, dentro del marco de la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible (ALIDES).

Los esfuerzos en la investigación dentro del desarrollo de mercados de mitigación de CO<sub>2</sub>, era uno de los principales por lo que los países centroamericanos iniciaron a realizar mediante distintas metodologías e información nacional la estimación de carbono capturado en toda su área.

En Guatemala este trabajo se publicó en 1998, y todos los resultados se basaron en las estadísticas forestales y uso de la tierra para el 1996, datos muy débiles para ese entonces, sin embargo, las estimaciones se hicieron hasta el 2015, creando distintos escenarios para cada uno de los tipos de bosques reportados.

Para la cuantificación de carbono se utilizó la metodología del Manual *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, revisado en 1996 por el Panel Intergubernamental para el cambio climático (IPCC).

---

<sup>6</sup> Edwards, M. y A. Dix. 1998. REPSOurse. Vol 3 No.2. Guatemala's Sierra de las Minas Biosphere Reserve JI Project. p 4.

**Cuadro 5. Estimación del carbono potencial en la biomasa y fijación de dióxido de carbono en la República de Guatemala (1998).**

Tipo de Bosque	Contenido de Carbono	Fijación de CO <sub>2</sub>
	TM	TM
Bosque Latifoliado	639,182,128	2,345,798,410
Bosque de coníferas	34,542,000	126,769,140
Bosques Mixtos	22,923,501	84,129,248
Bosque Secundario	58,680,000	215,355,600
Café con sombra	18,244,655	66,957,884
Plantaciones	530,998	1,948,763
<b>TOTAL</b>	<b>774,103,282</b>	<b>2,840,959,045</b>

El total del contenido de carbono por cada tipo de bosque corresponde a la sumatoria de las distintas categorías existentes en el país para cada uno de estos (áreas comunales, fuera de áreas protegidas, áreas privadas, manglar, no declaradas, etc). La fijación de CO<sub>2</sub> es calculada al multiplicar el contenido de carbono por el factor de 3.66 proveniente de la división de los pesos moleculares (CO<sub>2</sub>/C<sub>2</sub> --> 44/12).<sup>7</sup>

- Valores de Fijación de Carbono para Bosques Latifoliados y Mixtos de la Cuenca Sur del Lago de Atitlán.

En septiembre de 1999, Fundación Solar con el realizó este inventario con financiamiento de PROARCA/CAPAS. El inventario de carbono se hizo a nivel de premuestreo en los bosques maduros, latifoliados y mixtos de la Cuenca Sur del Lago de Atitlán, Sololá, con el objetivo de contribuir a la valoración de los servicios ambientales en la región, encontrando mecanismos económicos a través de los cuales los habitantes de Atitlán puedan mejorar sus ingresos económicos y sus beneficios ambientales.

**Cuadro 6. Valores de la fijación de carbono en toneladas por hectárea (tC/ha) de las parcelas realizadas en distintos bosques de la cuenca sur del Lago de Atitlán (1999).**

Bosque	Biomasa arriba	Biomasa abajo	Hojarasca	Suelos	Total
	del suelo	del suelo			
	Toneladas de Carbono por hectárea (t C/ha)				
Mixto (n=6)	207	41	43	49	340
Latifoliado (n=15)	287	58	22	42	410

Para todos los bosques muestreados, la biomasa arriba del suelo (árboles) es el mayor contribuyente a sus reservas de carbono, debido principalmente a la cantidad de celulosa que contienen estos. Los resultados indican que el bosque con mayor reserva de carbono es el bosque latifoliado, el cual cuenta con árboles de mayor DAP y mucha más diversidad de especies.

<sup>7</sup> Rodríguez, J. Corrales, L. 1998. Potencial de Carbono y fijación de Dióxido de carbono de la Biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de la República de Guatemala. Proyecto BCIE-INCAE-HIID. Guatemala. 44pp.

Ambos bosque presentan un error estándar, limitado por el número de parcelas establecidas. El rango confiable de la fijación de carbono se encuentra aproximadamente entre 30-40 tC/ha, esto para el nivel de muestreo que se realizó.<sup>8</sup>

- Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo.

Iniciativa apoyada por Fundación Solar en la cual realizaron la publicación de un manual que explica la metodología básica para realizar los inventarios de carbono.

Fue editado por Lilian Márquez y publicado en el 2000. Además de la metodología que es el punto medular del documento también nos presenta antecedentes y eventos relacionados al Cambio Climático, por ultimo se dan a conocer algunos de los estudios realizados al año 2000.

- Estimación de la ecuación de Biomasa para Cuantificar el Carbono que fija el árbol de Hule (*Hevea brasiliensis*) en las plantaciones de la Costa Sur de Guatemala.

En mayo de 1999, Fundación Solar desarrollo un muestreo del carbono fijado por las plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*), en Guatemala. Esta investigación se realizó para la Gremial de Huleros financiado por el Instituto Nacional de Bosque (INAB), donde Francisco Morales Ralda lidero el trabajo como punto de tesis para la licenciatura de Agronomía de la Universidad de San Carlos (2000), quien realizó un total de 6 parcelas de 500 metros cuadrados ubicadas en la Costa Sur de Guatemala.

Dentro de las parcelas se colectaron DAP's de los árboles, maleza, hojarasca, suelo y raíces para obtener los siguientes resultados:

**Cuadro 7. Toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) fijadas por la plantaciones de hule ubicadas en la Costa Sur de Guatemala.**

Árboles	Maleza	Hojarasca	Suelos	Raíces	TOTAL
75	0	4	50	16	145

Los resultados anteriores se refieren a plantaciones menores a los 5 años. Una de las recomendaciones de Fundación Solar para la Gremial de Huleros fue que en el futuro se desarrolla una ecuación de biomasa propia para el hule, además de solo tomar en cuenta los árboles y el suelo ya que debido al manejo de las plantaciones se procura mantener limpio el sotobosque para impedir plagas u hongos que puedan afectar a los árboles y la producción de látex.

---

<sup>8</sup> Castellanos, E. 2007. Comunicación Personal. Universidad del Valle de Guatemala.  
Fundación Solar. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo. Guatemala. 33 pp.

- Estudio Preliminar para la Estimación de Biomasa y Cuantificación de Carbono para *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Cybistax donnell-smithii* en Bosque Naturales de Guatemala.

De acuerdo con Glenda Lee (2002), quien presento este trabajo como tesis para la licenciatura de Ingeniería Agrícola en Recursos Naturales de la Universidad del San Carlos de Guatemala. El estudio se enfocó en realizar ecuaciones de biomasa para 3 especies latifoliadas de importancia nacional, no solo por su rápido crecimiento sino por ser de las especies apoyadas por el incentivo forestal (PINFOR-INAB).

Las especies evaluadas en el presente fueron: San Juan (*Vochysia guatemalensis*), Santa María (*Calophyllum brasiliense*) y Palo Blanco (*Cybistax donnell-smithii*) en bosques naturales de Guatemala. La biomasa tomada en cuenta fue la presente arriba del suelo y el suelo (10cm), para cada una de las especies se generaron ecuaciones de biomasa, exponenciales en los tres casos, tomando en consideración el coeficiente de determinación como indicador.

Estos modelos generados son:

**Cuadro 8. Modelos de ecuaciones de biomasa para especies latifoliadas de bosques naturales de Guatemala, generadas por Lee, G.**

Especie	Ecuación de Biomasa	R2
Santa María ( <i>Calophyllum brasiliense</i> )	Biomasa = e <sup>(3.8926 + 0.0325 DAP + 0.06518 altura)</sup>	97%
Palo Blanco ( <i>Cybistax donnell-smithii</i> )	Biomasa = e <sup>(1.469255 + 0.0009 DAP + 0.470835 Altura - 0.013751 altura<sup>2</sup> + 0.000676 DAP<sup>2</sup>)</sup>	91%
San Juan ( <i>Vochysia guatemalensis</i> )	Biomasa = e <sup>(4.420177 + 0.061182 DAP - 0.134815 Altura + 0.004806 altura<sup>2</sup>)</sup>	80%
Latifoliadas	Biomasa = e <sup>(3.852749 + 0.086911 DAP - 0.042662 Altura - 0.00406D 0.002021DAP<sup>2</sup> + altura<sup>2</sup>)</sup>	89%

9

- Estimación de Biomasa y Carbono para *Pinus oocarpa* Schiede, *P. maximinoi* H.E. Moore y *P. caribaea* Morelet. var. hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala.

En esta investigación realizada por Lorena Córdova, como trabajo de tesis para la licenciatura de Ingeniería Agrícola en Recursos Naturales de la Universidad San Carlos de Guatemala quien generó ecuaciones locales de regresión que permitan estimar la biomasa de distintas especies de pinos (*Pinus oocarpa* Schiede, *P. maximinoi* H.E. Moore y *P. caribaea* Morelet. Var hondurensis).

La especies elegidas para esta investigación son prioritarias para el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y el estudios se realizó en base a la distribución natural de éstas en donde existiera licencia de aprovechamiento vigente.

<sup>9</sup> Lee, G. 2002. Estudio Preliminar para la Estimación de Biomasa y Cuantificación de Carbono para *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Cybistax donnell-smithii* en Bosque Naturales de Guatemala. Tesis de Licenciatura en Ing. Agrícola en Recursos Naturales. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 75pp.

Con la colección de datos de 20 árboles por especie se lograron obtener los siguientes resultados:

**Cuadro 9. Ecuaciones de biomasa, coeficiente de correlación y factor de expansión de biomasa para las 3 especies de pinos generadas por Córdova, L. (2002)**

Especie	Ecuación de Biomasa	R2	FEB
<i>Pinus oocarpa</i> Schiede	$Biomasa = e^{(0.98318 + 0.048111DAP + 0.30011Altura - 0.00555 Altura^2)}$	99%	1.22
<i>Pinus maximoi</i> H.E. Moore	$Biomasa = e^{(3.193157 + 0.072731DAP + 0.023289 Altura)}$	92%	1.19
<i>Pinus caribaea</i> Morelet. var hondurensis	$Biomasa = e^{(0.53223 + 0.314869 DAP + 0.01499 Altura - 0.00357DAP^2)}$	98%	1.12
Coníferas	$Biomasa = e^{(1.737076 + 0.147573 DAP + 0.082182 Altura - 0.00148 Altura^2 - 0.00115 DAP^2)}$	95%	

10

- Evaluación del Potencial de Mitigación del Sector Forestal para el Cambio Climático en Guatemala.

La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) con el apoyo técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) y el apoyo financiero de los Países Bajos, propuso la ejecución del proyecto “Bosques y Cambio Climático en Centro América”.

El objetivo principal de este proyecto es el estimar el potencial de mitigación del sector forestal de Guatemala para el cambio Climático para el cual participaron el Dr. Edwin Castellanos, Msc. Celia Martínez Alonso y el Ing. Fernando Roldán.

Como resultado de este trabajo se tienen identificadas las áreas potenciales de reforestación y forestación (áreas Kyoto), identificación del uso actual del suelo en las áreas Kyoto, cuantificación del contenido de carbono en la línea base, cuantificación de carbono en el escenario de proyectos MDL y corrección por riesgos.<sup>11</sup>

- Estimación del Carbono fijado por plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en función de su edad, en Livingston, Izabal, Guatemala.

La tesis de licenciatura en Ingeniería Forestal de la Universidad del Valle de Rosa María Aguilar Maldonado (2004) se concentro en la estimación del carbono fijado en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* ubicadas en Livingston, Izabal, Guatemala.

<sup>10</sup> Córdova, L. 2002. Estimación de Biomasa y Carbono para *Pinus oocarpa* Schiede, *P. maximoi* H.E. Moore y *P. caribaea* Morelet. Var hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala. Tesis de licenciatura en Ing. Agrícola en Recursos Naturales. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 63pp.

<sup>11</sup> CCAD, FAO. 2002. Evaluación del Potencial de Mitigación del Sector Forestal para el Cambio Climático en Guatemala.

En este caso las mediciones se tomaron en base a la edad de la plantación. Los valores de biomasa que se obtuvieron en el muestreo oscilan entre 7.78 a 535.48 kg.

**Cuadro 10. Ecuaciones de biomasa, para la especie de *Pinus caribaea* en plantaciones, coeficiente de correlación y factor de expansión de biomasa generadas por Aguilar, R.**

Especie	Ecuación de Biomasa	R2	FEB
<i>Pinus caribaea</i> Morelet. var hondurensis	Biomasa = 0.07035 D <sup>2.56</sup>	93%	1.26
	Biomasa = 0.02314 D <sup>2</sup> H – 3.3042	98%	

El contenido de carbono total en las plantaciones es de 99 t C/ha, 112 t C/ha, 104 t C/ha, 118 t C/ha, 110 t C/ha, en las fincas de edades 8, 12, 13, 15 y 16 años respectivamente.<sup>12</sup>

- CARE y su trabajo con respecto a la Captura de Carbono en Bosques del Altiplano Guatemalteco

**Primer Logro:**

Recordando la descripción de uno de los primeros trabajos realizados en Guatemala, la organización CARE, se ve con la necesidad de iniciar su programa de monitoreo de carbono con el fin de verificar a la empresa, Applied Energy Service (AES), con quienes hicieron negocio para un período de 10 años.

CARE contrato para las primeras mediciones a FLACSO, de quienes no fue posible obtener datos al momento. Sin embargo, al conocer la existencia del Dr. Edwin Castellanos de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) quien venia trabajando en el tema hacia algunos años lo contactaron en el 2,003 con el fin de solicitarle la ayuda para la elaboración de un programa que sintetizara los cálculos de una manera fácil y accesible, esta base de datos es conocida como CARFOR (Carbono Forestal). Fue instalada en las oficinas forestales municipales en donde CARE ofrece apoyo por medio del proyecto MIBOSQUE con el fin de que los técnicos municipales ingresaran los datos de campo al no más tenerlos, esto no sucede y fue así que CARE oficialmente firmo un adendum de cooperación con la UVG para que ellos realizaran los inventarios de carbono, llevaran la base de datos y elaboraran informes con los distintos resultados.

En 2,004 se inicia por parte de la UVG el trabajo en campo, donde se evaluaron 18 bosques comunales y municipales, distribuidos en 4 departamentos del Altiplano (Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango y Totonicapán).

<sup>12</sup> Aguilar, R.M. 2004. Estimación del Carbono fijado por plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en funcion de su edad, en Livingston, Izabal, Guatemala. Tesis de licenciatura en Ingeniería Forestal, Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 100pp.

Los 18 bosques abarcan un área aproximadamente de 2,460ha reportando un total de carbono capturado arriba del suelo de 801,544 toneladas, con una densidad de 326tC/ha dándonos a entender que son bosques maduros en buen estado de conservación.<sup>13</sup>

**Segundo Logro:**

Continuando con los inventarios de carbono en el 2,005 la UVG trabajo en 25 bosques ubicados en los departamentos de San Marcos y Huehuetenango, principalmente en los municipios de Tacaná, San José Ojetenam, Cuilco y Tectitán gracias al financiamiento de AGROCYT.

Durante este proyecto se presentaron varios problemas de índole natural ya que la tormenta Stan afectó la zona y el trabajo se pospuso varios meses eliminando algunos bosques por trabajar debido a la situación en la que se encontraba las personas locales. Sin embargo, al concluir la medición de los 25 bosques estos abarcaron un aproximado de 2,879.65ha.

El total de carbono fijado para estos bosques fue de 308,357 toneladas, con una densidad reportada de 129.10tC/ha, valor considerado promedio para áreas de bosques de coníferas con cierto grado de intervención.

Dentro de este mismo proyecto 2,005 también se realizaron mediciones en sistemas agroforestales, aliso y maíz; salvia y papa, este último tema fue abarcado por la estudiante de Ingeniería Forestal, Alma Quilo, a quien le aprobaron el tema como tesis de la Universidad del Valle.

Quilo, A. (2006) realizó la Estimación del Carbono Almacenado por el Sistema Agroforestal de Salvia (*Buddleia megalcephala*) y Papa (*Solanum tuberosum*), ubicado en el municipio de San José Ojetenam, San Marcos.

Para dicho estudio fue necesario dividir en varias categorías el sistema agroforestal en base a la edad del componente arbóreo (salvia).

---

<sup>13</sup> Castellanos, E. 2006. Estimación del Contenido de Carbono en Bosques del Altiplano Occidental de Guatemala. Universidad de Guatemala – CARE. Guatemala. 65pp



**Cuadro 11. Resultados en toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) y total de carbono capturado por el sistema agroforestal de Salvia y Papa, según sus categorías y componentes de cada una, generados por Quilo, A (2006).**

Edad	área (ha)	Salvia	Papa	Suelo			Total Suelo (tC/ha)	Densidad total Sistema (tC/ha)	Total Sistema ton Carbono	
		Densidad Carbono (tC/ha)	Densidad Carbono (tC/ha)	Densidad Carbono (tC/ha)						
		(tC/ha)	(tC/ha)	Salvia	Papa	Suelo				
3	4.89	0.79	0.20	8.80	30.72	1.10	40.62	41.61	203.47	
4	6.83	1.34	0.18	7.37	36.61	0.74	44.72	46.24	315.82	
5	1.89	0.93	0.18	5.91	40.39	1.03	47.33	48.44	91.55	
7	2.38	4.14	0.25	14.02	59.13	1.24	74.39	78.78	187.50	
9	2.57	4.17		9.61		1.14	10.75	14.92	38.34	
<b>18.6ha</b>								<b>45.26tC/ha</b>	<b>836.68tC</b>	

El otro sistema agroforestal que se evaluó en esa fecha fue el de aliso-maíz, las parcelas muestreadas se ubican en el municipio de Cabricán, Quetzaltenango. Para este se evalúa un área pequeña (1.4ha) debido al daño que ocasionaba la tumba de árboles al cultivo de maíz. Para el caso del Aliso resulto con una densidad promedio de 2.14tC/ha y el maíz 13.07tC/ha diferencia que se debe a la densidad de siembra, el suelo dentro del sistema reporta 22.03tC/ha para dar un total de 37.24tC/ha. La suma de carbono total según el inventario que se generó para este sistema es de 52.13 toneladas de carbono.

Con respecto a las ecuaciones de biomasa para árboles que se generaron durante este proyecto se tiene:

**Cuadro 12. Ecuaciones de biomasa específicas para tres especies de árboles de bosques naturales y sistemas agroforestales del altiplano guatemalteco, generadas dentro del por el proyecto AGROCYT por Quilo, A y colegas.**

Especie	Ecuación de biomasa	Variable	R2
Encino ( <i>Quercus sp</i> )	$Y = 0.0753x^{0.9206}$	DAP2*Altura	0.924
	$Y = 0.6048x + 4.3198$	DAP2	0.7930
Salvia ( <i>Buddleia megalcephala</i> )	$Y = 0.0434x + 0.2381$	DAP2*Altura	0.9135
	$Y = 0.2696x - 3.0267$	DAP2	0.8300
Aliso ( <i>Alnus sp</i> )	$Y = 0.0144x + 21.378$	DAP2*Altura	0.9224
	$Y = 0.2896x - 5.5963$	DAP2	0.8960

14

**En busca del siguiente logro:**

En la actualidad (2,007) se esta ejecutando un proyecto CARE-UVG en el cual se evaluarán 10 nuevos bosques ubicados en los departamentos de Totonicapán y San Marcos. En esta ocasión no se generaran ecuaciones de biomasa pero esta contemplado hacer una revisita y monitoreo a los bosques

<sup>14</sup> Castellanos, E. 2007. Cuantificación de Carbono Capturado por bosques Comunales y Municipales de 4 Municipios en los Departamentos de San Marcos y Huehuetenango. AGROCYT. 97pp.

muestreados en el 2,004 para evaluar si han existido cambios o no con respecto al stock de carbono medido hace 3 años.

También durante el presente año Montepeque Sierra, M.E. (2007) realizó la investigación: Estimación de biomasa y contenido de carbono en plantaciones de *Eucalyptus Camaldulensis*, en el municipio de Siquinalá departamento de Escuintla, Guatemala como tema para postular por le titulo de Ingeniera Agrónomo en Recursos Naturales de la Universidad San Carlos de Guatemala.

Los modelos generados para la estimación de biomasa para eucalipto fueron:

**Cuadro13. Ecuaciones de biomasa generadas para plantaciones de Eucalipto de la Costa Sur. (Montepeque, M. 2007)**

Especie	Ecuación de biomasa	Variable	R2
Eucalipto ( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> )	$y = 0.0334x^{2.8769}$	DAP	0.9499
	$y = 6.851e^{0.156x}$	DAP	0.8972

Las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnn. con 4, 6, 8 y 15 años de edad, fijaron 13.83, 43.69, 38.06 y 79.89 tC/ha; respectivamente.<sup>15</sup>

## VI. Conclusiones

- En Guatemala existen más de veinte y siete (27) trabajos relacionados a la captura de carbono y cambio climático.
- Para el presente trabajo no se logro completar la recopilación los datos de todos los estudios realizados en Guatemala respecto al tema.
- En Guatemala cada vez es mayor el interés en el tema, por lo que se debe de estar preparado a posibles negociaciones, principalmente, paralelas a Kyoto.

## VII. Recomendaciones

- Continuar con la recopilación de los estudios faltantes para poder incluirlos en esta investigación bibliografica.
- Que este documento parte del aprendizaje y de aquí salgan nuevas propuestas de proyectos.
- Unir esfuerzos entre OG's, ONG's y personas individuales para abarcar las áreas de mayor potencial y realizar trabajos que trasciendan, que sean a beneficio del país.

<sup>15</sup> Montepeque, M. 2007. Comunicación Personal. Universidad de San Carlos de Guatemala.

## VIII. Literatura consultada.

- Smith, R.L.; Smith, T.M. 2001. Ecología. 4a. Edición. Pearson Educación, S.A. Madrid, España. 664pp.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests. A premier. Roma, Italia. FAO. 55pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- El Cambio Climático. 2006. [www.cambio-climatico.com](http://www.cambio-climatico.com).
- Vásquez, B. 2007. Guatemala iniciará venta de certificados de carbono. Diario de Centro América. Guatemala.
- Flores, C. Chuc, R. 2007. Comunicación Personal. CARE Quetzaltenango.
- Castellanos, E. 2007. Comunicación Personal. Universidad del Valle de Guatemala.
- Fundación Solar. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo. Guatemala. 33pp.
- Márquez, L. 2007. Comunicación Personal. Universidad del Valle de Guatemala.
- ANACAFE. 1998. "Cuantificación Estimada del Dióxido de Carbono fijado por el Agrosistema Café en Guatemala. Guatemala.
- Edwards, M. y A. Dix. 1998. REPSOurse. Vol 3 No.2. Guatemala's Sierra de las Minas Biosphere Reserve JI Project. p 4.
- Rodríguez, J. Corrales, L. 1998. Potencial de Carbono y fijación de Dióxido de carbono de la Biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de la Republica de Guatemala. Proyecto BCIE-INCAE-HIID. Guatemala. 44pp.
- Castellanos, E. 2007. Comunicación Personal. Universidad del Valle de Guatemala.
- Fundación Solar. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono en Uso del Suelo. Guatemala. 33 pp.
- Lee, G. 2002. Estudio Preliminar para la Estimación de Biomasa y Cuantificación de Carbono para *Vochysia guatemalensis*, *Calophyllum brasiliense* y *Cydistax donnell-smithii* en Bosque Naturales de Guatemala. Tesis de Licenciatura en Ing. Agrícola en Recursos Naturales. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 75pp.

- Córdova, L. 2002. Estimación de Biomasa y Carbono para *Pinus oocarpa*. Schiede, *P. maximinoi* H.E. Moore y *P. caribaea* Morelet. Var hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala. Tesis de licenciatura en Ing. Agrícola en Recursos Naturales. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 63pp.
- CCAD, FAO. 2002. Evaluación del Potencial de Mitigación del Sector Forestal para el Cambio Climático en Guatemala.
- Aguilar, R.M. 2004. Estimación del Carbono fijado por plantaciones de *Pinus caribaea var. hondurensis* en función de su edad, en Livingston, Izabal, Guatemala. Tesis de licenciatura en Ingeniería Forestal, Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 100pp.
- Castellanos, E. 2006. Estimación del Contenido de Carbono en Bosques del Altiplano Occidental de Guatemala. Universidad de Guatemala – CARE. Guatemala. 65pp
- Castellanos, E. 2007. Cuantificación de Carbono Capturado por bosques Comunales y Municipales de 4 Municipios en los Departamentos de San Marcos y Huehuetenango. AGROCYT. 97pp.
- Montepeque, M. 2007. Comunicación Personal. Universidad de San Carlos de Guatemala.