

**Programa Regional de Cambio Climático**



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

**CATIE**  
Solutions for environment and development  
Soluciones para el ambiente y desarrollo



*Al servicio  
de las personas  
y las naciones*

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
Diplomado Iniciativas REDD+ con énfasis en MRV y Salvaguardas**

**Proyecto de investigación  
"Estimación del contenido de carbono en el componente arbóreo del ecosistema  
manglar en el pacífico de Guatemala"**

**María de los Ángeles Aceituno Caal / Enlace REDD+/MARN  
Carlos Abel Cifuentes Figueroa / DTDESEQ-MARN  
José Israel Cojom Pac / DCC-MARN  
Alejandro Rafael Bosarreyes Ch / UIACC-MARN**

**Guatemala, septiembre de 2016**

## Contenido

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVO.....	2
III.	MARCO TEÓRICO.....	2
3.1.	El carbono azul de los ecosistemas marino costeros.....	2
3.2.	Potencial de captura de carbono en manglares y sitios de influencia.....	2
3.3.	Distribución de ecosistemas de manglar del pacífico de Guatemala.....	2
3.4.	Cálculo de las reservas de carbono en los ecosistemas de marismas y manglares.....	3
IV.	METODOLOGÍA.....	3
4.1.	Procedimiento para establecer el dato de actividad.....	4
4.1.1.	Localización del área.....	4
4.1.2.	Recopilación y análisis de mapas temáticos.....	5
4.2.	Procedimiento para establecer el Factor de Emisión.....	6
4.2.1	Unidades de muestreo.....	7
4.2.2	Determinación de almacenes de carbono.....	7
4.2.3	Recopilación y selección de ecuaciones alométricas.....	8
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	10
5.1.	Dato de actividad.....	10
5.1.1.	Dato de actividad por especie (mapa 2012).....	10
5.1.2.	Dato de actividad para el periodo 2001 al 2012.....	11
5.2.	Factor de emisión.....	13
5.3.	Carbono en bosque manglar de la costa del pacifico de Guatemala (2012).....	16
5.4.	Dinámica de Carbono en bosque manglar de la costa del pacifico de Guatemala para el periodo 2001 al 2012.....	17
VI.	CONCLUSIONES.....	19
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	20

## I. INTRODUCCIÓN

La gran cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es parte de la explicación de los cambios climáticos, atribuida en parte a la dinámica evolutiva del planeta, pero, por otro lado, es el resultado de las actividades antropogénicas. Para mitigar esta dinámica inducida por la especie humana y persiguiendo, además, adaptarse a los efectos de estos cambios; varias soluciones ofrecen usar energías renovables, consumir productos locales más que importados, mejorar los sistemas de transporte y promover el manejo sustentable de ecosistemas cuyas funciones permiten la captación y el secuestro de carbono.

De acuerdo con la Segunda Comunicación de Guatemala, el ecosistema manglar brinda muchas oportunidades para la población, su mantenimiento y recuperación son de alta importancia para la adaptación al cambio climático.

Dentro de estos ecosistemas, la biodiversidad biológica es alta, sin embargo, según CONAP 2010, dentro del territorio nacional aproximadamente 1,287 de las especies que forman parte de la diversidad biológica está siendo fuertemente presionadas por el ser humano, lo que equivale a señalar que se ejerce presión sobre el 8.6 % del total de especies descritas en los ecosistemas naturales de Guatemala.

Entre los impactos potenciales por el cambio climático se tiene, el incremento de la erosión de las playas y regiones costeras, el aumento de las inundaciones costeras, el incremento de la intrusión marina en las áreas costeras, impactando los acuíferos de agua dulce. Muchos manglares se han reducido o fragmentado por las actividades humanas, la baja de los caudales durante la época de estiaje y la elevada deposición de sedimentos en las épocas lluviosas, son impactos fuertes a este tipo de ecosistemas.

Es importante reconocer la problemática asociada al ecosistema manglar, donde existe una fuerte presión sobre estos recursos, aunado a los retos que representa la vulnerabilidad socio ambiental, agravados por los efectos negativos del cambio climático.

La pobreza, es uno de los principales problemas en la región y causa fundamental de presión sobre los recursos naturales, obliga a las poblaciones locales a realizar un sobreuso de los recursos del manglar, incluyendo la extracción de leña y de madera para construcción de casas y de postes para cultivos, la sobrepesca y el sobreuso de fauna asociada al manglar.

Para el efecto es importante tener información de base sobre la dinámica de la cobertura a fin de establecer indicadores que permitan una correcta gestión dentro del ecosistema.

El presente documento presenta una estimación de la línea base preliminar de carbono en los ecosistemas de manglar del pacífico de Guatemala.

## **II. OBJETIVO**

Estimar las existencias de carbono forestal (sobre y bajo el suelo) del ecosistema manglar en el pacífico de Guatemala, para el periodo 2001 al 2012.

## **III. MARCO TEÓRICO**

### **3.1. El carbono azul de los ecosistemas marino costeros**

El carbono azul se refiere al potencial de los ecosistemas marino costeros (los manglares, las marismas saladas y los pastos marinos) para almacenar carbono y usarse como herramientas de mitigación y adaptación al cambio climático (Cifuentes, 2015). El rol de los ecosistemas marino costeros, como herramientas de mitigación y como instrumentos para disminuir la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de resiliencia de comunidades rurales, es un tema de relevancia mundial que no ha sido explorado de la misma forma que en ecosistemas terrestres (Cifuentes, 2012).

Este es un tema relativamente nuevo para Centroamérica, con los primeros estudios realizados a partir del año 2012 en Costa Rica, Panamá y El Salvador.

Según Cifuentes (2012), los ecosistemas marinos costeros pueden secuestrar hasta cinco veces más carbono que muchos bosques del mundo. Sin embargo, están siendo seriamente amenazados por conversión de uso, es decir para ser utilizados con otros fines como extracción de leña y cultivos. Esto no solo afectaría las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, sino que aumentaría la vulnerabilidad de áreas y poblaciones costeras al embate de tormentas tropicales o aumento del nivel del mar.

### **3.2. Potencial de captura de carbono en manglares y sitios de influencia**

Los manglares son los ecosistemas de mayor contenido de carbono en los trópicos, llegando a almacenar hasta 1,023 tC/ha (Donato et al, 2011). Puede ser un ecosistema clave en las estrategias de mitigación de los cambios climáticos vía reforestación o restauración (Kauffman et al, 2010, citado en Torres, G., A. Ramírez, F. Farhat, 2013).

A pesar de los bienes y los servicios ambientales que nos ofrece el ecosistema manglar, en Guatemala, estos bosques son poco conocidos y apreciados. De igual manera, se desconoce las alteraciones y amenazas a las cuales están expuestos.

### **3.3. Distribución de ecosistemas de manglar del pacífico de Guatemala**

La cobertura de bosque manglar del territorio de Guatemala es de 18,839 hectáreas (ha). El total de esta extensión equivale al 0.17 % del territorio nacional y aunque se considera un área relativamente pequeña, desempeña funciones vitales y de importancia para pobladores cercanos, pero también interviene en procesos naturales de otros ecosistemas como el marino-costero que está estrechamente ligado a éste y con repercusiones de mayor impacto para el país.

Para la costa del pacífico existe una cobertura de manglar de 17,670 ha de las cuales el 22.75% están ubicados en áreas protegidas. En el Caribe, por el contrario, la cobertura de manglares es tan solo de 1,169 ha (88.23% en áreas protegidas), (Cathalac y SIA-MARN 2012).

El Atlas Mundial de los Manglares (Spalding et al., 2010 citado en INAB, ICC, CONAP, 2016) reporta para Guatemala, cuatro especies de mangle que conforman el ecosistema manglar de los litorales Pacífico y Atlántico, siendo estas: *Avicennia germinans* (mangle negro), *Conocarpus erectus* (botoncillo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) y en mayoría *Rhizophora mangle* (mangle rojo). Además, en la Flora Mesoamericana (Véliz Pérez, 2015 citado por INAB, ICC, CONAP, 2016). Se reporta también la presencia de *Rhizophora racemosa*.

### **3.4. Cálculo de las reservas de carbono en los ecosistemas de marismas y manglares**

Los manglares constituyen ecosistemas sumamente productivos que revisten una enorme importancia en términos tanto ambientales como económicos en las esferas local y mundial. Su enorme contribución al almacenamiento de carbono sugiere que la conservación y la restauración de estos ecosistemas podrían ser una vía que ayude a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

El total de esta extensión equivale al 0.17 % del territorio nacional y aunque se considera un área relativamente pequeña, desempeña funciones vitales y de importancia para pobladores cercanos, pero también interviene en procesos naturales de otros ecosistemas como el marino-costero que está estrechamente ligado a éste y con repercusiones de mayor impacto para el país.

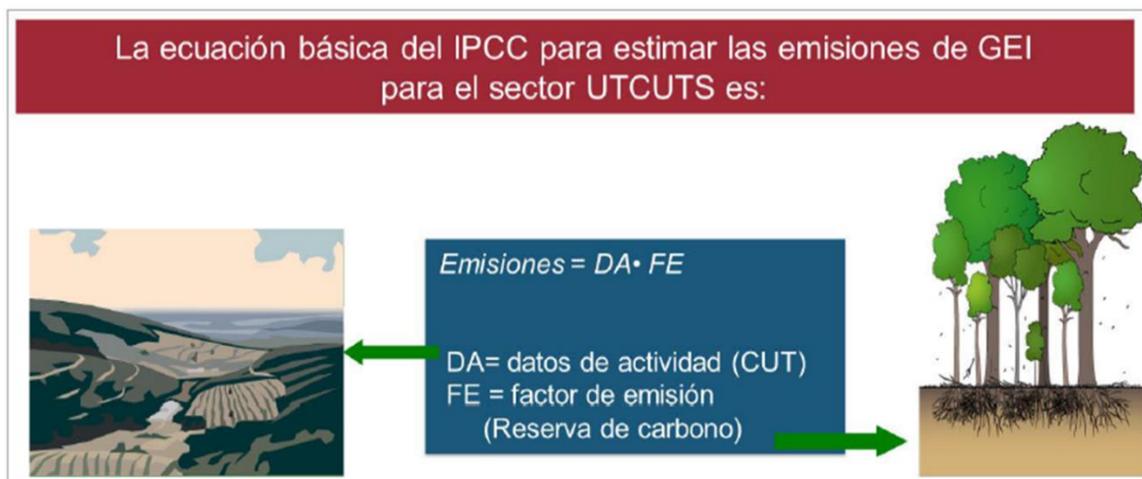
## **IV. METODOLOGÍA**

Durante el desarrollo del diplomado se fortalecieron los conocimientos para la estimación de los contenidos de carbono en los diferentes almacenes de los

ecosistemas terrestres es la base para determinar posteriormente las emisiones y remociones de gases efecto invernadero causadas por la pérdida, degradación o restauración de la cobertura forestal original.

A continuación, se describe el procedimiento empleado para conocer, en una primera fase, el contenido de carbono y las emisiones de los ecosistemas de manglar.

El procedimiento está basando los análisis en las guías del IPCC (Figura 1).



Fuente: Carrillo, 2016

Figura 1. Ecuación básica para estimación de Carbono en ecosistemas terrestres

Es preciso determinar un dato de actividad (DA), la cobertura de una extensión de terreno y su dinámica temporal. Además, se debe establecer un factor de emisión (FE), que corresponde al cambio en la densidad de carbono al cambiar la cobertura de dicha extensión de terreno.

Para establecer estas dos variables básicas se consideraron fuentes primarias y secundarias de información, desarrollando el proceso metodológico que se describe a continuación.

#### 4.1. Procedimiento para establecer el dato de actividad.

##### 4.1.1. Localización del área

El primer paso en este proceso consistió en la delimitación del área de evaluación.

El ejercicio se enmarcó en las áreas de cobertura de mangle en la costa pacífica, en todo el litoral del sur del territorio. Una ventaja de trabajar en dicha área es que se cuenta con datos de campo para las estimaciones correspondientes.

Para este estudio, se subdividió la costa del Pacífico en dos áreas, siendo: Pacífico Oeste, que incluye los departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu y San Marcos; y Pacífico Este, que abarca Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla y Suchitepéquez (Figura 2).



Figura 2. Mapa con el área total de cobertura de mangle Costa del pacífico de Guatemala. Fuente: MARN, 2013

#### 4.1.2. Recopilación y análisis de mapas temáticos

Este proceso consistió en recopilar y revisar los Shapes e imágenes de mapas de cobertura (principalmente forestal) que hubieran sido elaborados con el detalle de la cobertura del ecosistema manglar y en el área de estudio que corresponde a la costa del pacífico de Guatemala, el análisis realizado para cada uno de los mapas

persiguió definir la pertinencia de los resultados para el presente ejercicio, donde fueron consideradas principalmente la fuente, análisis de imágenes, escala y temporalidad; considerando el interés de establecer una serie de tiempo y analizar la dinámica, para lo cual estos mapas deben ser comparables.

Se encontraron dos fuentes principales de cobertura de manglar que fueron:

- 1) Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Usos de la Tierra, quienes se encuentran coordinando la elaboración de la línea base de emisión de GEI para la Estrategia Nacional REDD+ para el periodo 2001 al 2010, y
- 2) Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, quienes publicaron en junio de 2013 el informe técnico denominado "Estudio de la cobertura de mangle en la república de Guatemala".

La primera de las fuentes ofrece ventajas relacionadas con la estandarización metodológica para establecer la cobertura de mangle en cuatro periodos que son 2001, 2006, 2010 y 2012. Esto permite establecer la dinámica o cambios en el área de cobertura de manglar de forma consistente y confiable, sin introducir sesgo o errores debidos al procesamiento, interpretación y clasificación de las imágenes. Sin embargo, presenta la cobertura de manglares sin detalle de especies, limitando el uso a detalle de Factores de Emisión.

La segunda fuente presenta la cobertura de mangle y el detalle de la contribución de las distintas especies dentro del ecosistema, pero el mapa se realizó únicamente para el año 2012. Aunque si permite realizar algunas inferencias que pueden ser complementarias entre la dinámica de la cobertura forestal del ecosistema y la abundancia por especie que la conforma.

Para caracterizar los cambios en las existencias de manglar a lo largo del tiempo es necesario usar el estudio de **Cobertura de Mangle**, específicamente el área que corresponde al Pacífico, y posteriormente establecer la dinámica de cobertura empleando los mapas desarrollados por el GIMBUT, para el periodo de 2001 al 2010. También es importante mencionar que una vez realizado el análisis retroactivo, se podrá observar alguna tendencia, pero esta será únicamente a nivel tabular, sin trascender al plano espacial, el cual podrá trabajarse en posteriores ejercicios.

#### **4.2. Procedimiento para establecer el Factor de Emisión.**

Es importante indicar que el país carece de estudios específicos que establezcan parámetros de contenido de biomasa y carbono en el ecosistema manglar, pero si cuenta con algunas actividades tanto en campo como a nivel de gabinete.

Por ello se recopiló información de otros procesos que desarrolla en campo el INAB y las estimaciones realizadas por el GIMBUT, quienes han definido algunos cálculos

relacionados con estimación de carbono y aspectos asociados con los Factores de Emisión a partir de la combinación de información de campo y resultados de estudios en otras localidades, todo esto para ser empleados en los niveles de referencia para la estrategia nacional REDD+.

#### 4.2.1 Unidades de muestreo

En este ejercicio se emplearon Parcelas Permanentes de Medición Forestal (PPMF) que el INAB se encuentra impulsando con la colaboración del CONAP y el ICC, dentro de un marco de trabajo en formación que corresponde a una la Red Nacional del PPMF de Manglares.

Este es un concepto que se ha venido desarrollando formalmente a partir del año 2013, producto de este esfuerzo es que ya se cuenta con una base de datos con las variables mínimas para conocer la estructura del recurso forestal de este ecosistema y que con algunos ajustes, resulta útil para estimación es de biomasa aérea y otras relaciones que se logran estadísticamente con respecto a los distintos almacenes de carbono.

Estas parcelas son de forma rectangular, para facilitar la ubicación, demarcación y sentido de medición de los árboles. Este diseño garantiza la permanencia a través del tiempo y la consistencia en la toma de datos.

Cabe mencionar que el diseño de muestreo no corresponde a una distribución estadística formalmente establecida, sino más bien obedece a criterios de selección y ubicación subjetiva de la representatividad del paisaje, en la cual se consideran entre otros: la edad del bosque, densidad, crecimiento y especie; de tal forma que la información recopilada proporcione información sobre distintos escenarios asociados al potencial de producción de bienes y servicios del recurso forestal de este ecosistema.

Los detalles de las directrices metodológicas se encuentran dentro del documento denominado "*Metodología para el establecimiento y mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- en Bosque Natural del Ecosistema Manglar*" del INAB, CONAP e ICC.

#### 4.2.2 Determinación de almacenes de carbono

La información recolectada en campo permite estimar la biomasa de los arboles a partir de los 10 centímetro de diámetro, pero no hay información acerca del suelo o sustrato.

Las variables recopiladas en las PPMF útiles para calcular la biomasa aérea son:

- Diámetro (en centímetros, tomado a 30 cm de la última raíz adventicia)
- Especie del árbol
- Área de la parcela (m<sup>2</sup>)

Los almacenes de carbono que recomiendan las principales guías y protocolos son 5 (IPCC 2006; Cuadro 1). En función de las variables evaluadas en campo y de las relaciones alométricas asociadas, en la presente evaluación se pudo estimar solamente los almacenes 1) Biomasa sobre el suelo y 2) Biomasa bajo el suelo. Una vez calculada la biomasa, se asumió que un 50% de ésta es carbono. Todos los datos se expresaron en unidades de toneladas de carbono por hectárea.

Cuadro 1. Almacenes de carbono en ecosistemas terrestres

Biomasa Viva	1) Biomasa sobre el suelo 2) Biomasa bajo el suelo
Materia Orgánica Muerta	3) Madera muerta 4) Hojarasca (Mantillo)
Suelo	5) Carbono orgánico del suelo

Fuente: IPCC, 2006

#### 4.2.3 Recopilación y selección de ecuaciones alométricas.

Después de una búsqueda exhaustiva, se concluyó que no se cuenta con ecuaciones alométricas locales generadas para el ecosistema manglar.

A continuación, se presentan las familias de ecuaciones alométricas que fueron empleadas para estimar la biomasa en el presente ejercicio, mismas que resultan de la recopilación y selección que realizó el GIMBUT. Para ser consistentes con otros procesos a nivel nacional como las líneas de referencia para la Estrategia Nacional REDD+.

Cuadro 2. Ecuaciones alométricas para calcular biomasa de árboles sobre el suelo por especie, proporcionadas por el GIMBUT.

Nombre técnico y común	Ecuación de biomasa arbórea sobre el suelo	R <sup>2</sup>	D <sub>max</sub>	Fuente
<i>Rhizophora mangle</i> L (rojo)	Biomasa = 0.178*DBH <sup>2.47</sup>	0.98		Fromard et al. (1998)
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.f. (blanco)	Biomasa = 0.1023 x DBH <sup>2.50</sup>	0.97	10	Fromard et al. (1998)
<i>Avicennia germinans</i> (L.)L. (Madre sal o mangle negro)	Biomasa = 0.14 x DBH <sup>2.4</sup>	0.97	42	Fromard et al. (1998)
<i>Conocarpus erectus</i> L. (botoncillo)	*Biomasa = 0.1023 x DBH <sup>2.50</sup>	0.97	10	Fromard et al. (1998)

Fuente: recopilado por GIMBUT, 2016. Nota: \*Esta ecuación corresponde originalmente a *Laguncularia*, pero se utiliza también para *Conocarpus* sp. por características similares de crecimiento.

Dónde:  
DBH = Diámetro (cm)

Cuadro 3. Ecuaciones alométricas de biomasa de raíz por especie, proporcionadas por el GIMBUT.

Nombre técnico y común	Ecuación de biomasa arbórea bajo el suelo	Fuente
<i>Rhizophora mangle</i> L (rojo)	Biomasa = $0.199 * (\rho^{0.899}) * (DBH^{2.22})$	Komiyama et al. (2005)
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.f. (blanco)	Biomasa = $0.199 * (\rho^{0.899}) * (DBH^{2.22})$	Komiyama et al. (2005)
<i>Avicennia germinans</i> (L.)L. (Madre sal o mangle negro)	Biomasa = $0.199 * (\rho^{0.899}) * (DBH^{2.22})$	Komiyama et al. (2005)
<i>Conocarpus erectus</i> L. (botoncillo)	Biomasa = $0.199 * (\rho^{0.899}) * (DBH^{2.22})$	Komiyama et al. (2005)

Fuente: recopilado por GIMBUT, 2016

Dónde:  
 $\rho$  = densidad básica de la madera (gr/cm<sup>3</sup>)

El GIMBUT hizo para asignar una ecuación de *Conocarpus erectus*, como similar a *Laguncularia racemosa*, sin embargo, deben tomarse las consideraciones respectivas en la interpretación de resultados.

Los valores de densidad de la madera a ser utilizados en las ecuaciones correspondientes fueron recopilados por el GIMBUT (Cuadro 4).

Cuadro 4. Densidad básica de la madera de especies de mangle para cálculos de biomasa bajo el suelo

DENSIDAD BASICA	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Rhizophora mangle</i> L.	0.86
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.f.	0.762
<i>Avicennia germinans</i> (L.)L.	0.759
<i>Conocarpus erectus</i> L.	0.762
Chaperno	0.759
spp	0.759

Fuente; recopilado por GIMBUT, 2016

## **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **5.1. Dato de actividad**

#### 5.1.1. Dato de actividad por especie (mapa 2012)

EL estudio de la cobertura de mangle en la República de Guatemala Como resultado de la investigación, revisión y análisis de imágenes satelitales, se determinó que el área total de mangle en el pacifico de la República de Guatemala es de 17,670.56 hectáreas (ha).

Según la especie de mangle, este estudio presenta para la costa del pacifico los resultados son los siguientes:

Cuadro 6. Cobertura forestal de mangle por especie en el costa del pacifico de Guatemala.

Especie (nombre común/nombre técnico)	Área (ha)
Mangle Blanco (Laguncularia racemosa)	6,168.87
Mangle Botoncillo (Conocarpus erectus)	60.57
Mangle Negro o Madre Sal (Avicennia germinans)	583.77
Mangle Colorado o Rojo (Rhizophora mangle)	10,857.35
Total	17,670.56

Fuente: MARN, 2012

El mapa desarrollado para representar la cobertura de mangle en la costa del pacifico, es el siguiente.



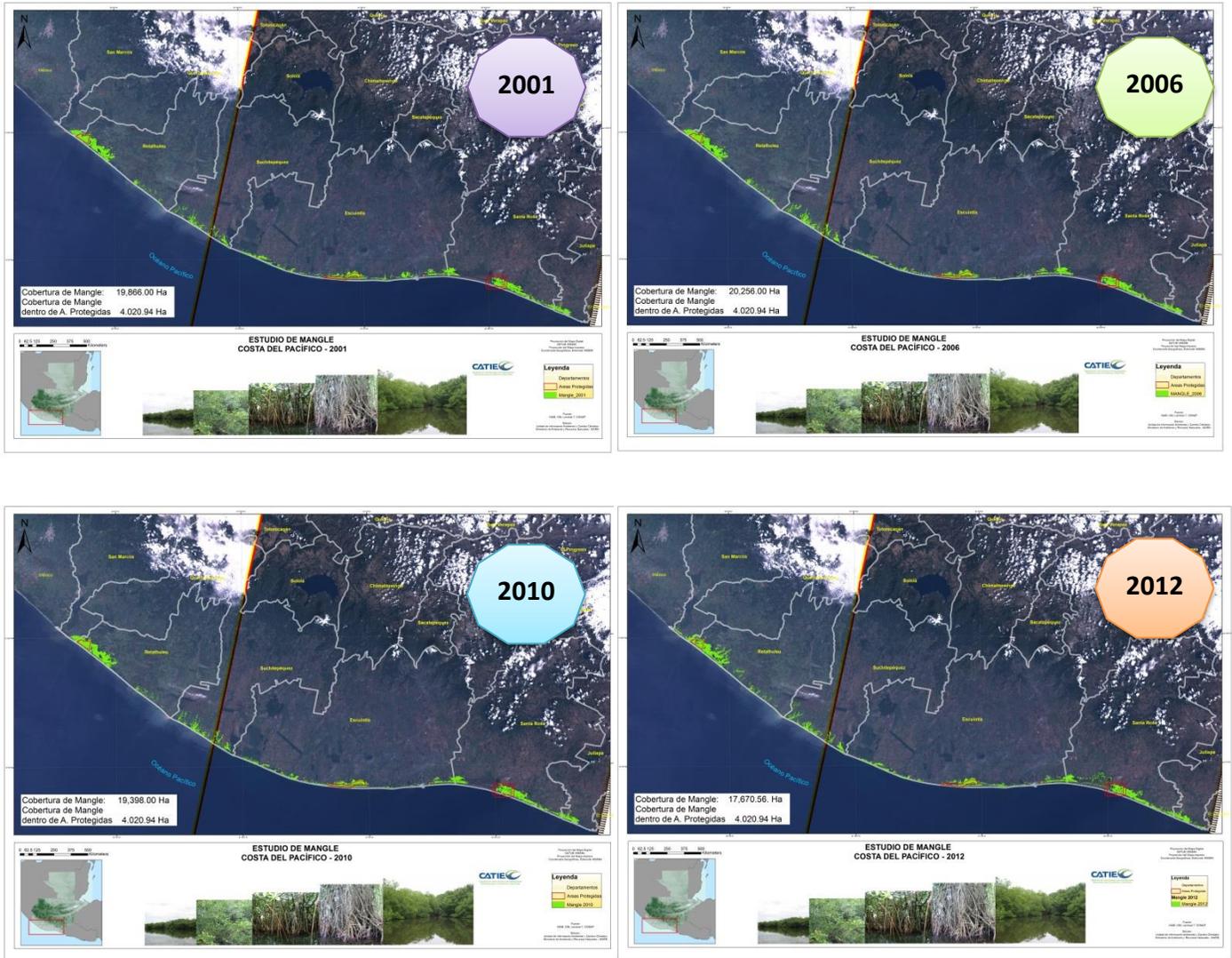
Fuente: MARN, 2013

Figura 2. Mapa con el área total de cobertura de mangle Costa del pacífico de Guatemala

### 5.1.2. Dato de actividad para el periodo 2001 al 2012

Se elaboraron 4 mapas de cobertura forestal en el ecosistema manglar bajo los mismos criterios metodológicos y por consiguiente, comparables entre sí, estos mapas corresponden a los años 2001, 2006, 2010 y 2012; logrando con ello realizar un ejercicio sobre la dinámica de dicha cobertura y en consecuencia del flujo de carbono para el periodo 2001 al 2012.

Con este primer ejercicio es posible establecer un flujo de carbón empleando el enfoque de diferencia de masas que propone el IPCC, ya que se cuenta con la cobertura de mangle en cada año evaluado (almacén de carbono) y en consecuencia, la diferencia corresponde a las emisiones o absorciones del ecosistema. Estos mapas se muestran a continuación.



Fuente: Elaboración propia 2016

Figura 3. Mapas de cobertura forestal de mangle en la Costa del pacífico de Guatemala, para el periodo 2001-2012.

Los resultados tabulares de los mapas de cobertura de mangle para el periodo 2001-2012 se resumen a continuación en el cuadro 7, agregando además una columna con la diferencia de área entre cada mapa, en el cual se observa que del año 2001 al 2006 se muestra un incremento de 390 ha, equivalentes a 78 ha anuales; sin embargo, a partir del 2006, la tendencia ha sido negativa hasta el 2012, presentando una pérdida neta de 2,585 hectáreas durante estos 6 años (**perdida de 430 hectáreas anuales**).

Cuadro 7. Cobertura forestal de mangle en el costa del pacifico, para los cuatro años evaluados dentro del periodo 2001 al 2012.

Año	Área (ha)	Diferencia total	Diferencia anual
2001	19,866.00		
2006	20,256.00	390.00	78.00
2010	19,398.00	858.00	
2012	17,670.56	1,727.44	430.00

Fuente: Elaboración propia

Esta tendencia se verá reflejada desde la perspectiva de carbono, que es donde el presente ejercicio se ha determinado concluir.

## 5.2. Factor de emisión

Se contó con una base de 1,283 registros de árboles evaluados dentro 23 parcelas permanentes de medición forestal, ubicadas en los Departamentos de Escuintla, San Marcos, Suchitepéquez y Retalhuleu. Cada una de estas parcelas representa una especie en particular según su dominancia, misma que corresponde a los criterios de instalación de estas parcelas, en consecuencia también con los objetivos y representatividad que el INAB en conjunto con los socios de la Red de PPMF ha definido.

Es importante resaltar que, según la última comunicación con el INAB, el total de parcelas evaluadas haciende a un total de 37 parcelas, lo cual vendría a enriquecer análisis posteriores; además de contar con varias mediciones de una misma parcela, que hace posible establecer una dinámica del carbono a través del enfoque 2 de pérdidas y ganancias de las emisiones, que incluyen resultados asociados a la degradación de este recurso y que aportaría un mayor detalle para los reportes y desde luego, ofrecería mayor información para orientar la toma de decisiones respecto a la gestión de estos ecosistemas.

Los detalles de la información proporcionada por la base de datos de las parcelas, se presentan en el cuadro a continuación.

Cuadro 8. Detalle de parcelas empleadas para estimación del Factor de Emisión.

No.	No. de Parcela	Nombre de la Finca	Departamento	Tamaño (M2)	Especie Dominante
1	1-2011-ICC	Manglares	Escuintla	300	Rhizophora mangle L.
2	2-2011-ICC	Manglares	Escuintla	300	Rhizophora mangle L.
3	1-2012-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	300	Rhizophora mangle L.
4	2-2012-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	300	Rhizophora mangle L.
5	3-2012-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	300	Rhizophora mangle L.
6	4-2012-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	300	Rhizophora mangle L.
7	5-2012-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	300	Rhizophora mangle L.

8	6-2012-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	300	Rhizophora mangle L.
9	7-2012-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	300	Avicennia germinans (L.)
10	8-2012-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	300	Rhizophora mangle L.
11	0-2014-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	500	Rhizophora mangle L.
12	1-2014-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	500	Rhizophora mangle L.
13	2-2014-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	500	Rhizophora mangle L.
14	3-2014-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	500	Rhizophora mangle L.
15	4-2014-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	500	Rhizophora mangle L.
16	5-2014-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	500	Avicennia germinans (L.)
17	8-2014-INAB/ESTEFFOR	Tierras del Estado	San Marcos	500	Rhizophora mangle L.
18	1-2014-ICC/INAB	Tierras del Estado	Suchitépéquez	500	Rhizophora mangle L.
19	2-2014-ICC/INAB	Tierras del Estado	Suchitépéquez	500	Conocarpus erectus L.
20	3-2014-ICC/INAB	Tierras del Estado	Suchitépéquez	500	Avicennia germinans (L.)
21	4-2014-ICC/INAB	Tierras del Estado	Suchitépéquez	500	Laguncularia racemosa (L.)
22	1-2015-INAB/AGROACEITE	Santa Sofía	Retalhuleu	500	Rhizophora mangle L.
23	2-2015-INAB/AGROACEITE	Santa Sofía	Retalhuleu	500	Laguncularia racemosa (L.)

Fuente: Elaboración propia elaborada con base de datos proporcionada por INAB, 2016

Tal como se indicó en la metodología para estimar el carbono forestal en el presente ejercicio, se determinó la biomasa por hectárea, a través de la aplicación de las ecuaciones alométricas a cada uno de los árboles dentro de las parcelas y sus correspondientes mediciones en años consecutivos; los resultados de las densidades de carbón resultantes, se muestran a continuación.

Cuadro 9. Detalle de contenido de carbono en PPMF de mangle

Código de parcela	Especie predominante	Biomasa (Ton/parcela)	Carbono (Ton/parcela)	Carbono (Ton/ha)
0-2014-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	19.45	9.72	194.47
0-2014-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	21.19	10.59	211.88
1-2011-ICC/INAB_1	Rhizophora mangle L.	7.60	3.80	126.61
1-2011-ICC/INAB_2	Rhizophora mangle L.	5.66	2.83	94.38
1-2011-ICC/INAB_3	Rhizophora mangle L.	5.84	2.92	97.38
1-2011-ICC/INAB_4	Rhizophora mangle L.	6.21	3.11	103.56
1-2011-ICC/INAB_5	Rhizophora mangle L.	6.66	3.33	110.95
1-2012-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	2.79	1.40	46.53
1-2012-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	1.74	0.87	29.06
1-2012-INAB/ESTEFFOR_3	Rhizophora mangle L.	3.66	1.83	60.98
1-2014-ICC/INAB_1	Laguncularia racemosa (L.)	12.18	6.09	121.77
1-2014-ICC/INAB_2	Laguncularia racemosa (L.)	13.17	6.58	131.69
1-2014-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	19.67	9.84	196.73
1-2014-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	20.81	10.41	208.14
1-2015-INAB/AGROACEITE_1	Rhizophora mangle L.	17.75	8.88	177.53
1-2015-INAB_1	Conocarpus erectus /Laguncularia racemosa	8.06	4.03	80.65
1-2015-INAB_2	Laguncularia racemosa (L.) / Conocarpus erectus L.	9.75	4.88	97.54
2-2011-ICC/INAB_1	Rhizophora mangle L.	5.72	2.86	95.42
2-2011-ICC/INAB_2	Rhizophora mangle L.	6.15	3.08	102.55
2-2011-ICC/INAB_3	Rhizophora mangle L.	5.68	2.84	94.60
2-2011-ICC/INAB_4	Rhizophora mangle L.	6.43	3.22	107.19
2-2011-ICC/INAB_5	Rhizophora mangle L.	6.56	3.28	109.27
2-2012-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	10.41	5.20	173.48
2-2012-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	9.24	4.62	153.96

2-2012-INAB/ESTEFFOR_3	Rhizophora mangle L.	9.22	4.61	153.74
2-2014-ICC/INAB_2	Conocarpus erectus L.	7.60	3.80	75.97
2-2014-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle / Laguncularia racemosa	16.79	8.39	167.88
2-2014-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	19.39	9.70	193.93
2-2015-INAB/AGROACEITE_1	Laguncularia racemosa (L.)	12.62	6.31	126.18
3-2012-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	12.55	6.28	209.20
3-2012-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	14.83	7.41	247.08
3-2012-INAB/ESTEFFOR_3	Rhizophora mangle L.	15.64	7.82	260.67
3-2014-ICC/INAB_1	Avicennia germinans (L.)L.	11.43	5.71	114.28
3-2014-ICC/INAB_2	Avicennia germinans (L.)L.	10.85	5.42	108.50
3-2014-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	13.99	7.00	139.94
3-2014-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	13.55	6.78	135.52
4-2012-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	4.23	2.11	70.49
4-2012-INAB/ESTEFFOR_3	Rhizophora mangle L.	4.00	2.00	66.62
4-2014-ICC/INAB_1	Laguncularia racemosa (L.)	12.99	6.49	129.86
4-2014-ICC/INAB_2	Laguncularia racemosa (L.)	13.97	6.99	139.73
4-2014-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	18.42	9.21	184.22
4-2014-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	19.41	9.71	194.11
5-2012-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	7.79	3.90	129.86
5-2012-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	8.29	4.14	138.09
5-2012-INAB/ESTEFFOR_3	Rhizophora mangle L.	7.83	3.91	130.43
5-2014-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	4.39	2.20	43.92
5-2014-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	3.42	1.71	34.21
6-2012-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	1.69	0.85	28.22
6-2012-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	2.99	1.50	49.84
7-2012-INAB/ESTEFFOR_1	Avicennia germinans (L.)L.	1.37	0.69	22.91
7-2012-INAB/ESTEFFOR_2	Avicennia germinans (L.)L.	1.50	0.75	24.92
7-2012-INAB/ESTEFFOR_3	Avicennia germinans (L.)L.	3.00	1.50	50.06
8-2012-INAB/ESTEFFOR_1	Rhizophora mangle L.	2.24	1.12	37.34
8-2012-INAB/ESTEFFOR_2	Rhizophora mangle L.	2.38	1.19	39.69
8-2012-INAB/ESTEFFOR_3	Rhizophora mangle L.	2.92	1.46	48.74
8-2014-INAB/ESTEFFOR_1	Laguncularia racemosa (L.)	2.86	1.43	28.57
8-2014-INAB/ESTEFFOR_2	Laguncularia racemosa (L.)	3.78	1.89	37.75
<b>Promedios generales</b>			<b>4.56</b>	<b>113.84</b>

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se llegó a determinar la densidad de carbono en función de la especie que predomina en los ecosistemas manglares.

Cuadro 10. Densidad de carbono aéreo de las 4 especies identificadas en ecosistema manglar en la costa del pacifico de Guatemala.

Especie	Carbono (Ton/ha)
<i>Avicennia germinans</i> (L.)L.	64.13
<i>Conocarpus erectus</i> L.	84.72
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.f.	109.00
<i>Rhizophora mangle</i> L.	123.77

Promedio	95.41
----------	-------

Fuente: Elaboración propia

Es importante observar que la especie de mangle que almacena la mayor cantidad de carbono es *Rhizophora mangle*, presentando una densidad de 123.77 ton/ha de carbono, por el contrario, la especie de menor contenido de carbono es *Avicennia germinans* con una densidad de 64.13 ton/ha de carbono.

El promedio de carbono de las cuatro especies y por consiguiente del recurso forestal del ecosistema es de 95.41 ton/ha, el cual no favorece al ecosistema, cuando dos tercios del mismo corresponde a *R. mangle*. Es por ello que estudios como el de cobertura realizado por el MARN en el año 2012, con el detalle de abundancia por especie en el ecosistema es de suma importancia para que refleje su potencial e importancia.

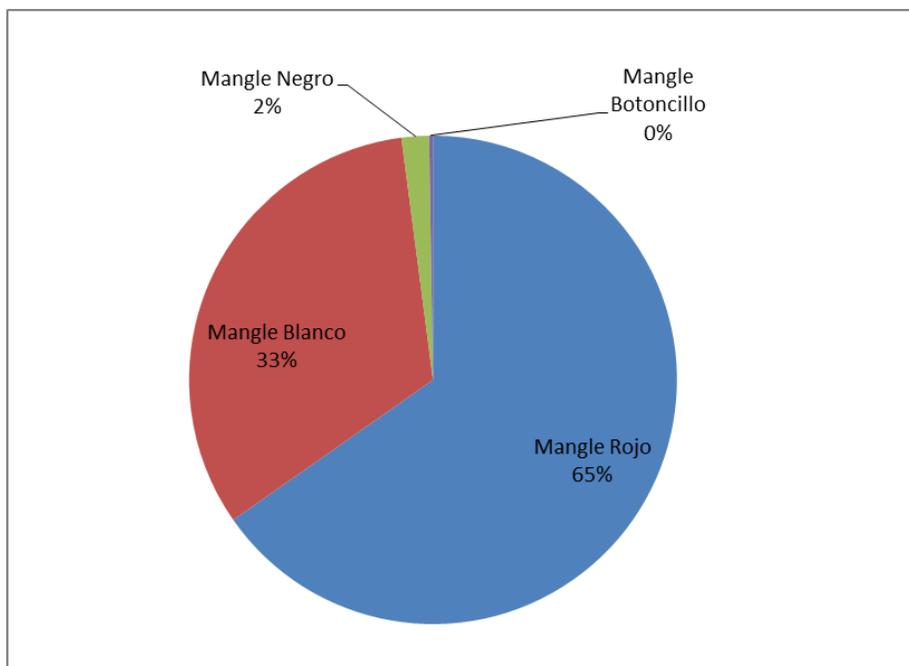
### 5.3. Carbono en bosque manglar de la costa del pacifico de Guatemala (2012).

En el presente ejercicio se determinó que la cantidad de carbono del recurso forestal del ecosistema manglar en el pacifico del país es de **2,058,789.70 toneladas**; los detalles de los cálculos se presentan a continuación.

Cuadro 11. Existencias de carbono aéreo de las 4 especies identificadas en ecosistema manglar en la costa del pacifico de Guatemala.

Especie	Área (ha)	Carbono (Ton/ha)	Carbono Total (Ton)
Mangle Colorado o Rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> )	10,857.35	123.77	1,343,814.21
Mangle Blanco ( <i>Laguncularia racemosa</i> )	6,168.87	109.00	672,406.83
Mangle Negro o Madre Sal ( <i>Avicennia germinans</i> )	583.77	64.13	37,437.17
Mangle Botoncillo ( <i>Conocarpus erectus</i> )	60.57	84.72	5,131.49
<b>Total</b>	<b>17,670.56</b>	<b>442.15</b>	<b>2,058,789.70</b>

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Gráfica de abundancia de carbono por especie en bosques de manglar en el pacífico de Guatemala

Los resultados indican que el 65 % del carbono almacenado en los bosques del ecosistema manglar corresponde a la Mangle rojo, mientras que la menor abundancia es de mangle botoncillo, que no son significativos por representar menos del 1% del total.

#### **5.4. Dinámica de Carbono en bosque manglar de la costa del pacífico de Guatemala para el periodo 2001 al 2012.**

Para establecer la dinámica de carbono de tal forma que fuera comparable entre los mapas del periodo evaluado, en función de la falta de información a detalle de la abundancia por especie, esta se asumió constante durante el periodo 2001 al 2012 a razón de 61.44 % de Mangle rojo, 34.9 % de Mangle blanco, 3.3 % de Mangle negro y 0.35 % de Mangle botoncillo.

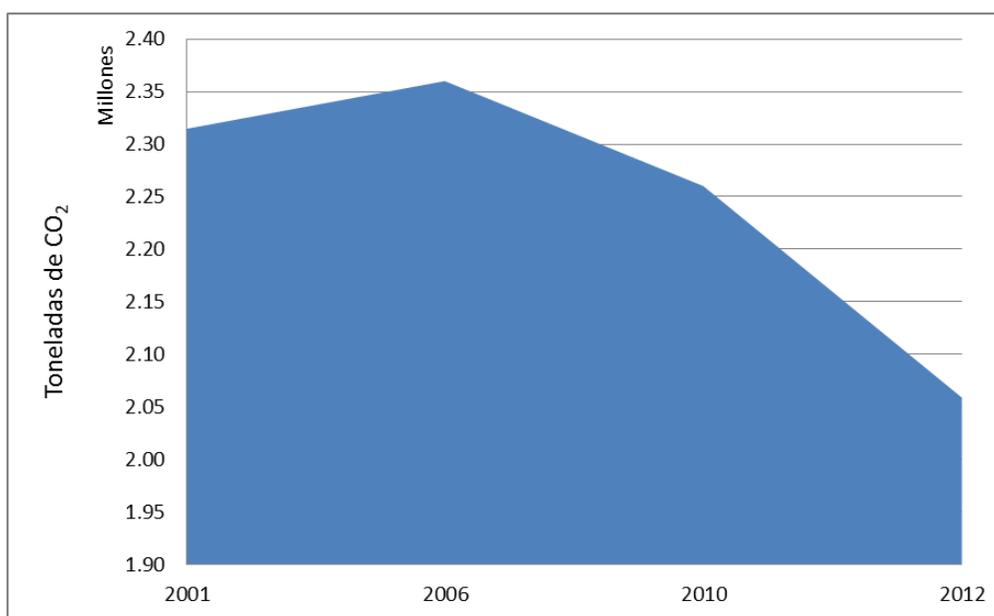
Por otro lado, las emisiones y absorciones fueron distribuidas proporcionalmente entre las especies; aunque, esta depende de la especie y el factor de emisión asociado.

Los resultados que fueron obtenidos en este primer ejercicio, se presentan a continuación en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Existencias y dinámica de carbono forestal en el ecosistema manglar en la costa del pacifico de Guatemala para el periodo 2001 al 2012.

Año	Área (Ton CO <sub>2</sub> )	Diferencia total (Ton CO <sub>2</sub> )	Diferencia anual (Ton CO <sub>2</sub> )
2001	2,314,579.51		
2006	2,360,018.25	45,438.74	9,087.75
2010	2,260,053.03	99,965.23	50,204.76
2012	2,058,789.70	201,263.33	

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Dinámica del carbono almacenado en bosques del ecosistema manglar en el pacifico de Guatemala para el periodo 2001 al 2012.

El cuadro 12 muestra el volumen almacenado de CO<sub>2</sub> en los arboles del ecosistema manglar para el periodo 2001 al 2012, que gira sobre los 2 millones de Toneladas; sin embargo, en la figura 5 se observa que si bien es cierto, del año 2001 al 2006 se observa incremento en el almacén, posteriormente esta tendencia se torna negativa y constante hasta el 2012.

Para fines del presente ejercicio, se estima una tasa de emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmosfera de anual de 50,204 toneladas, que a su vez está asociado con la pérdida de cobertura forestal y consecuentemente, de este importante ecosistema.

## VI. CONCLUSIONES

Guatemala cuenta con una cobertura de bosque manglar en el pacífico de 17,670.56 ha, según el reporte para el año 2012.

No se disponen de estudios y por consiguiente de ecuaciones alométricas que determinen el carbono en los distintos almacenes del ecosistema forestal de los manglares.

Es de gran valor el trabajo que el INAB está desarrollando al evaluar en campo y recopilar información sobre la estructura de los bosques, cuyos datos son útiles para estimar parámetros de carbono.

Las densidades de carbono para las especies evaluadas son:

<i>Avicennia germinans</i> (L.)L.	64.13
<i>Conocarpus erectus</i> L.	84.72
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.f.	109.00
<i>Rhizophora mangle</i> L.	123.77

El carbono almacenado en los bosques de mangle en el pacífico del país, según la especie son los siguientes:

Mangle Colorado o Rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> )	1,319,930.64
Mangle Blanco ( <i>Laguncularia racemosa</i> )	348,371.51
Mangle Negro o Madre Sal ( <i>Avicennia germinans</i> )	63,628.61
Mangle Botoncillo ( <i>Conocarpus erectus</i> )	9,394.94

De acuerdo con los resultados del presente ejercicio, en el año 2012, el país cuenta con un almacén de carbono de 2,058,789.70 Toneladas de carbono.

A partir del año 2006, se estima una tasa de emisiones de CO<sub>2</sub> hacia la atmósfera de anual de 50,204 toneladas

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Bosques; Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático; Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2016. *Metodología para el establecimiento y mantenimiento de Parcelas Permanentes de Medición Forestal -PPMF- en Bosque Natural del Ecosistema Manglar*. 29 pp.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2013. Informe técnico: *Estudio de la cobertura de mangle en la República de Guatemala*. Guatemala: MARN. vi + 54 p.

Torres, G., A. Ramírez, F. Farhat, 2013. *Los manglares de Veracruz: potencial de captura de carbono*. Informe técnico del proceso de medición de carbono en 33 parcelas de manglar del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. Xalapa, Veracruz, 2013. Páginas Web consultadas:

Sitios web consultados.

<https://www.catie.ac.cr/noticias-cambio-climatico-y-cuencas/935-el-carbono-azul-de-los-ecosistemas-marino-costeros.html>

<http://www.conicit.go.cr/boletin/boletin117/Manglares.html>