

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**INTRODUCCIÓN DE VENTA DE BONOS DE CARBONO COMO  
ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DEL MANGLAR: CASO DE  
ESTUDIO, BAHÍA DE CHAME, PANAMÁ OESTE.**

**GARY DEXSIDES ESQUIVEL QUINTERO**

**4-772-2066**

**DAVID, CHIRIQUÍ**

**REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2018**

**INTRODUCCIÓN DE VENTA DE BONOS DE CARBONO COMO ESTRATEGIA  
DE CONSERVACIÓN DEL MANGLAR: CASO DE ESTUDIO, BAHÍA DE  
CHAME, PANAMÁ OESTE.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN SOMETIDO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANEJO DE CUENCAS Y AMBIENTE**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL  
DEBE ESTAR OBTENIDA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS**

**APROBADO:**

**PROF. ING. OVIDIO NOVOA M.Sc** \_\_\_\_\_  
**DIRECTOR**

**PROF. ING. JOSÉ PINEDA M.Sc** \_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**PROF. ING. AMILCAR BEITIA M.Sc** \_\_\_\_\_  
**ASESOR**

**DAVID, CHIRIQUÍ  
REPÚBLICA DE PANAMÁ**

**2018**

## AGRADECIMIENTO

*Primeramente, doy gracias a Dios por darme fortaleza, salud, y sabiduría para seguir adelante y alcanzar mis metas.*

*A mis padres: Amarilys De Esquivel Q. y Gaspar R. Esquivel, por apoyarme y brindarme sus sabios consejos a lo largo de mi vida.*

*A mi hermano: Ing. Gaspar A. Esquivel Q., por ser parte fundamental en todas mis metas alcanzadas.*

*A mi director de trabajo de grado y profesor, Ing. Ovidio Novoa, por sus consejos, su tiempo y espacio que dedicó para el desarrollo de este trabajo.*

*A mis asesores y profesores, Ing. Amílcar Beitia e Ing. José Pineda, por su disposición para ayudarme en las correcciones de este trabajo.*

*A las profesoras Raynah Burke y Luz Loría, por el apoyo en el ordenamiento y análisis del trabajo.*

*Al equipo de trabajo del Laboratorio de Suelos y aguas: Licda. Lilibiana Escalante, Ing. Jacob Franco y . . . , por su atención y orientación.*

*A la Ing. Tania Romero, especialista en medición de carbono en manglares del panel de las naciones unidas, por enseñarme acerca del tema para culminar mi trabajo de grado.*

*Al Ing. Bolívar Jaén e Ing. Octavio De La Cruz, por brindarme consejos y apoyo logístico de hospedaje en el Centro de Desarrollo Sostenible Ambiental, Río Hato (CEDESAM).*

*Al Ing. Harris Mendoza y Carlos Córdoba, encargados de los manglares de la Bahía de Chame y funcionarios de MIAMBIENTE sede Coronado, Panamá Oeste.*

*A mis compañeros Franklin De León y Abraham Villamil, por el apoyo en la recolección de datos en campo dentro de los manglares.*

*¡Infinitas Gracias a todos, Dios los bendiga siempre!*

*Gary D. Esquivel Q.*

## DEDICATORIA

*En primer lugar, dedico este trabajo a DIOS, creador de maravillas y milagros en este mundo, fuente de sabiduría y entendimiento para aquellos que caminan a su lado.*

*A mi abuelo Dexsides (Pepe) Espinosa Q.E.P.D, Dios te tenga en la gloria sé que siempre estarás cuidándome y guiándome, este era tu sueño lo logre abuelo esto es para ti.*

*A toda mi familia, por su apoyo continuo y sabios consejos en mi vida.*

*A mis padres y mi hermano, por toda la confianza, cariño y amor infinito que me brindan siempre.*

*A mis amistades más cercanas y compañeros de grupo, por apoyarme en todo momento.*

*A todas aquellas personas que de una u otra forma han influenciado positivamente en mi persona.*

*Bendiciones a todos...*

*Gary D. Esquivel Q.*

# INTRODUCCIÓN DE VENTA DE BONOS DE CARBONO COMO ESTRATEGIA DE CONSERVACIÓN DEL MANGLAR: CASO DE ESTUDIO, BAHÍA DE CHAME, PANAMÁ OESTE

Esquivel, G. D. 2018. Introducción de venta de bonos de carbono como estrategia de conservación del manglar: caso de estudio, Bahía de Chame, Panamá Oeste. Tesis Ingeniería en Manejo de Cuencas y Ambiente. Chiriquí, PA. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. 89 p.

## RESUMEN

La vulnerabilidad de los manglares panameños ha aumentado en las últimas décadas, a pesar de que son ecosistemas con un alto valor para la adaptación y mitigación al cambio climático por su capacidad de capturar cinco veces más carbono y almacenarlo en el suelo por cientos de años. Con el fin de recomendar una estrategia para conservar los manglares de la Bahía de Chame, se determinó el carbono almacenado en estos ecosistemas y se estimó el valor monetario que representaría la venta de bonos de carbono expresado en Balboas, en comparación con el valor actual de la venta de carbón desnaturalizado. La metodología en campo siguió el protocolo establecido por el proyecto “Protección de reservas y sumideros de carbono en los manglares y áreas protegidas de Panamá”. Se realizaron muestreos de vegetación y suelo para calcular la densidad aparente, el porcentaje de materia orgánica y carbono orgánico. Los resultados indican que el carbono almacenado en los manglares de la Bahía de Chame es de  $559.13 \text{ MgC ha}^{-1}$  a una profundidad de un metro. Esta captura de carbono equivale a un valor monetario según los precios de los fondos del Banco Mundial (FBM), el mercado de la Unión Europea (MUEA) y el mercado de Chicago (MC) de US\$ 7 182.00, 43 092.00 y 34 884.00  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. Según la comparación del valor estimado para la venta de bonos de carbono y el carbón desnaturalizado, se recomienda designar un área para establecer una plantación forestal con la especie *Eucalyptus camaldulensis*, la cual tiene un alto potencial para la producción de carbón desnaturalizado y rentabilidad económica. Estos resultados sugieren que la venta de bonos de carbono en Panamá es una alternativa rentable a largo plazo para las comunidades que dependen de los recursos que se producen en los manglares, y, por consiguiente, es una estrategia de conservación de estos ecosistemas.

**PALABRAS CLAVES:** manglares, Bahía de Chame, carbono almacenado, bonos de carbono, conservación.

## **INTRODUCTION OF SALE OF CARBON CREDITS AS A STRATEGY FOR MANGROVE CONSERVATION: STUDY CASE, CHAME BAY, WEST PANAMA**

Esquivel, G. D. 2018. Introduction of sale of carbon credits as a strategy for mangrove conservation: study case, Chame Bay, Panama City. Engineering Thesis in Watershed Management and the Environment. Chiriqui, PA. Faculty of Agricultural Sciences, University of Panama. 89 p.

### **ABSTRACT**

The vulnerability of the Panamanian mangrove forests has increased in recent decades, despite the fact that they are ecosystems with a high value for adaptation and mitigation to climate change by its ability to capture five times more carbon and store it in the soil for hundreds of years. In order to recommend a strategy to conserve the mangroves of Chame bay, it was determined the carbon stored in these ecosystems and estimated the monetary value that would represent the sale of carbon bonds expressed in Balboas, in comparison with the current value of the sale of charcoal. The methodology in the field followed the protocol established by the project "Protection of carbon reserves and swamps in the mangrove forests and protected areas of Panama". Carried out sampling of vegetation and soil to calculate the density, the percentage of organic matter and organic carbon. The results indicate that the carbon stock stored in the mangroves of the Chame bay is 559.13 MgC ha<sup>-1</sup> in a soil depth of one meter. This carbon capture is equivalent to a monetary value according to the prices of the funds of the World Bank (FBM), the market of the European Union (MUEA) and the Chicago market (MC) of US\$ 7 182.00, 43 092.00 and 34 884.00 ha<sup>-1</sup>, respectively. According to the comparison of the estimated value for the sale of carbon credits and charcoal, it is recommended to designate an area to establish a forest plantation with the specie of *Eucalyptus camaldulensis*, which has a high potential for the production of charcoal and economic profitability. These results suggest that the sale of carbon credits in Panama is a cost-effective alternative to long-term for communities that depend on the resources that occur in the mangrove swamps, and, therefore, is a strategy for the conservation of these ecosystems.

Keywords: mangroves, Chame bay, carbon stocks, bonds of carbon, conservation, charcoal.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problema o tema de estudio.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general .....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Hipótesis de investigación .....	2
1.4 Alcances del trabajo .....	3
1.5 Limitaciones esperadas.....	3
1.6 Justificación del trabajo .....	3
2 MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 El ecosistema de manglar y su importancia .....	4
2.2 Adaptación al cambio climático actual.....	7
2.3 El manglar como sumidero de carbono .....	8
2.4 Bonos de carbono y su mercado.....	9
3 MARCO METODOLÓGICO .....	12
3.1 Descripción del área de estudio .....	12
3.2 Métodos.....	14
3.2.1 Tamaño y distribución de las unidades de muestreo .....	14
3.2.2 Demarcación de las unidades de muestreo .....	14
3.2.3 Muestreo de la vegetación .....	15
3.2.4 Muestreo de suelos.....	17
3.2.5 Determinación de la Densidad Aparente (Da).....	17
3.2.6 Cálculo de la Materia Orgánica (MO).....	18
3.2.7 Carbono Orgánico (CO).....	19
3.3 Análisis de la información .....	19
3.4 Valoración económica .....	21
4 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	22
4.1 Ubicación geoposicional de las parcelas y sub-parcelas.....	22

4.2	Parámetros evaluados .....	22
4.2.1	Muestreo arbóreo.....	22
4.2.2	Medición de biomasa .....	25
4.2.3	Estimación de biomasa aérea .....	26
4.2.4	Estimación del carbono epigeo según componentes .....	26
4.2.5	Madera muerta caída .....	27
4.2.6	Hojarasca .....	28
4.2.7	Carbono total epigeo .....	29
4.2.8	Existencia de carbono en las raíces.....	30
4.3.1	Densidad aparente.....	31
4.3.2	Contenido de materia orgánica (MO).....	32
4.3.3	Carbono orgánico (CO).....	33
4.3.4	Carbono en el suelo (CS).....	34
4.3.5	Existencias de carbono a nivel de ecosistema.....	35
4.4	Valoración económica .....	36
4.4.1	Valoración económica del carbono almacenado en el bosque de manglar .....	36
4.4.2	Valoración económica a nivel de ecosistema .....	37
4.5	Ciclo Proyecto MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio).....	38
4.6	Ciclo de los MVC (Mercado Voluntario De Carbono) .....	43
4.7	Diferencias entre los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y el mercado voluntario de carbono (MVC).....	46
4.8	Análisis FODA de la situación forestal actual en Panamá tanto para MDL y MVC.....	47
4.9	Análisis comparado de FODA: MDL Y MVC .....	54
4.10	Mercado de carbono previsto para Panamá.....	55
4.11	Estrategia para conservar los manglares de la Bahía De Chame .....	58
5	Conclusiones .....	60
6	Recomendaciones .....	61
7	Bibliografía .....	63
8	Anexos .....	68

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Pág.
I. ECUACIONES ALOMÉTRICAS POR ESPECIE PARA DETERMINAR EXISTENCIA DE CARBONO A NIVEL DE ECOSISTEMA. (Cifuentes- Jara et al., 2014).....	20
II. VARIABLES DASOMÉTRICAS MEDIDAS, PUNTA CHAME 2017... 23	
III. ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PARCELA, PUNTA CHAME 2017.....	25
IV. EXISTENCIA DE CARBONO EPIGEO EN ( $\text{MgC ha}^{-1}$ ), PUNTA CHAME 2017.....	29
V. MATERIA ORGÁNICA POR ESTRATO (%).....	33
VI. CARBONO ORGÁNICO POR ESTRATO, PUNTA CHAME 2017. ....	33
VII. EXISTENCIAS DE CARBONO EN EL SUELO, PUNTA CHAME 2017. ....	35
VIII. EXISTENCIAS DE CARBONO A NIVEL DE ECOSISTEMA ( $\text{MgC ha}^{-1}$ ), PUNTA CHAME 2017. ....	36
IX. VALOR MONETARIO (US \$) DEL CARBONO SECUESTRADO POR ESPECIE DE MANGLAR, PUNTA CHAME 2017.....	38
X. VALORACIÓN MONETARIA DEL CARBONO DESNATURALIZADO.....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Pág.</b>
FIG 1. ECOSISTEMA DE MANGLAR. FUENTE: WATTS (1998) CITADO POR ANAM-ARAP (2013).....	6
FIG 2. FUNCIÓN PROTECTORA DE LOS MANGLARES EN LAS COSTAS. FUENTE: WETLANDS INTERNATIONAL (2014).....	7
FIG 3. UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO EN LA PROVINCIA DE PANAMÁ OESTE.(CONFOREC, 2007).....	12
FIG 4. CARBONO TOTAL EPIGEO ( $\text{MGC HA}^{-1}$ ), PUNTA CHAME 2017.....	30
FIG 5. CICLO DE LOS MDL, .....	39
FIG 6. CICLO DE LOS MVC.....	43
FIG 7. DIFERENCIAS ENTRE LOS MDL Y LOS MVC. ....	46
FIG 8. FODA DE LOS MDL .....	48
FIG 9. FODA DE LOS MVC.....	51

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO	Pág.
I. DENSIDAD APARENTE POR ESTRATO POR PARCELA ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), PUNTA CHAME 2017.....	68
II. GRÁFICA PORCENTUAL DE CARBONO AEREO VS CARBONO EN RAÍCES, PUNTA CHAME 2017 .....	68
III. GRÁFICA PORCENTUAL DE CARBONO AEREO VS CARBONO EN RAÍCES, PUNTA CHAME 2017 .....	69
IV. GRÁFICA PORCENTUAL DE CARBONO AEREO VS CARBONO EN RAÍCES, PUNTA CHAME 2017.....	69
V. GRÁFICA PORCENTUAL DE CARBONO EN SUELO POR ESTRATO ( $\text{MgC ha}^{-1}$ ), PUNTA CHAME 2017 .....	70
VI. ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PARCELA, PUNTA CHAME 2017.....	70
VII. GRÁFICO DE ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PARCELA, PUNTA CHAME 2017. ....	71
VIII. CARBONO AEREO VS CARBONO EN RAÍCES POR ESPECIE POR PARCELA, PUNTA CHAME 2017 .....	71
IX. CARBONO A NIVEL DE ECOSISTEMA Y DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE, PUNTA CHAME 2017.....	72
X. VALORACIÓN ESTIMADA A NIVEL DE ECOSISTEMA SEGUN TRES DIFERENTES MERCADOS DE CARBONO, PUNTA CHAME 2017. ....	72
XI. MEDICIÓN DE VARIABLES DASOMÉTRICAS, PUNTA CHAME 2017 .....	73
XII. BARRENO INTRODUCIDO EN EL SUELO, PUNTA CHAME 2017 .....	73

XIII.	BARRENO MUESTREADOR DE SUELO DE MANGLAR, PUNTA CHAME 2017. ....	74
XIV.	SEGMENTACIÒN Y MEDICIÒN DE LA MUESTRA DE SUELO POR ESTRATOS, PUNTA CHAME 2017. ....	75
XV.	EXTRACCIÒN DE LA MUESTRA DE DENSIDAD APARENTE Y MATERIA ORGÁNICA, PUNTA CHAME 2017.....	75
XVI.	HORNOS PARA LA PRODUCCIÒN DE CARBÒN A BASE DE MADERA DE MANGLE, SAJALICES 2017.....	76
XVII.	MADERA DE MANGLE DESTINADA A LA PRODUCCIÒN DE CARBÒN, SAJALICES 2017. ....	77
XVIII.	MAPA DE UBICACIÒN GEOPOSICIONAL DE LAS PARCELAS Y SUBPARCELAS, PUNTA CHAME 2017. ....	78

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problema o tema de estudio**

Centroamérica no escapa de los efectos causados por el cambio climático a nivel mundial y todos los ecosistemas se ven afectados. En Panamá, el ecosistema de manglar actualmente cubre el 2.3% de la superficie total del país – un 5.2% del área total de bosques (ANAM-BID, 2011) citado por ANAM-ARAP, 2013); no obstante, esto solía ser mucho más. Durante los últimos 50 años, se han talado más de la mitad de los manglares existentes, de unas 360,000 hectáreas estimadas en 1969 a cerca de 170,000 en 2007. Por eso se dice que los manglares panameños están en un peligro de extinción inminente y así causando una fragilidad en estos ecosistemas.

Los ecosistemas de manglar juegan un rol importante como proveedor de múltiples servicios ecosistémicos de adaptación y mitigación indispensables para amortiguar el cambio climático y asegurar el bienestar de muchas familias que dependen de los recursos que allí se producen y regulan. Generalmente, los manglares son ecosistemas ignorados por esfuerzos de ordenamiento territorial y esfuerzos oficiales de conservación. En Panamá, la vulnerabilidad de los manglares se debe a actividades antrópicas como tala, extracción de carbón vegetal, madera, ampliación de fronteras agrícolas, puertos y la contaminación por desechos tóxicos que promueven daños irreparables, tomando en cuenta el área que ocupan a nivel nacional los manglares y su importancia ecológica. (Wetlands International,2013)

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Evaluar la viabilidad de introducción de venta de bonos de carbono como estrategia de conservación de manglares en la Bahía de Chame, Panamá Oeste.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- 1) Determinar el carbono almacenado ( $\text{MgC ha}^{-1}$ ) en los manglares de la Bahía de Chame.
- 2) Estimar el valor monetario que representaría la venta de bonos de carbono expresado en Balboas (\$), en comparación con el valor actual de la venta de carbón desnaturalizado.
- 3) Recomendar una estrategia para conservar los manglares de la Bahía de Chame con base en el análisis de viabilidad.

### **1.3 Hipótesis de investigación**

A través de una línea base, se conocerá el potencial de carbono sumido en el ecosistema de manglar y así calcular la existencia de este elemento con un potencial a venta como bonos de carbono.

#### **1.4 Alcances del trabajo**

Con la realización de esta investigación se espera estimar los valores de carbono almacenado en las especies asociadas seleccionada por el investigador (mangle piñuelo, mangle negro, mangle blanco y mangle rojo) dentro de los manglares de la Bahía de Chame.

En esta investigación se espera realizar un estimado de los valores económicos que se generarían por la venta de bonos de carbono a un mercado internacional y comparar con los valores económicos actuales generados por la venta de carbón desnaturalizado, a través de un aprovechamiento forestal del manglar.

#### **1.5 Limitaciones esperadas**

En esta investigación se tuvieron limitaciones tales como: tiempo, transporte a áreas de difícil acceso, disponibilidad de mano de obra, condiciones del sitio desfavorables y falta de financiamiento.

Dado que es un ecosistema costero, los trabajos dependen de las mareas bajas, y de los horarios estipulados por el Ministerio de Ambiente.

#### **1.6 Justificación del trabajo**

Debido a que el calentamiento de la atmosfera ha llegado a ser un problema mundial, se ha hecho de vital importancia difundir metodologías o estrategias para la conservación de los manglares que a la vez ayuden a mitigar los gases de tipo invernadero. Al realizar este estudio se estará ampliando la base de información

en Panamá acerca del aporte de los manglares de la Bahía de Chame a la reducción del carbono emitido al medio ambiente mediante la captura del mismo.

Los resultados que se obtendrán contribuirán a mejorar el conocimiento empírico de las personas ya que los manglares en Panamá son de los ecosistemas más afectados; a diferencia de los bosques de tierra firme, los manglares tienen la capacidad de capturar cinco veces más carbono y almacenarlo en el suelo por centenares de años. Esta capacidad de almacenamiento a largo plazo convierte al suelo en el componente más importante de los manglares, el cual queda expuesto por actividades de deforestación, disminuyendo la capacidad de los manglares de preservar las reservas de carbono en Panamá (Wetlands international,2013).

## **2 MARCO TEÓRICO**

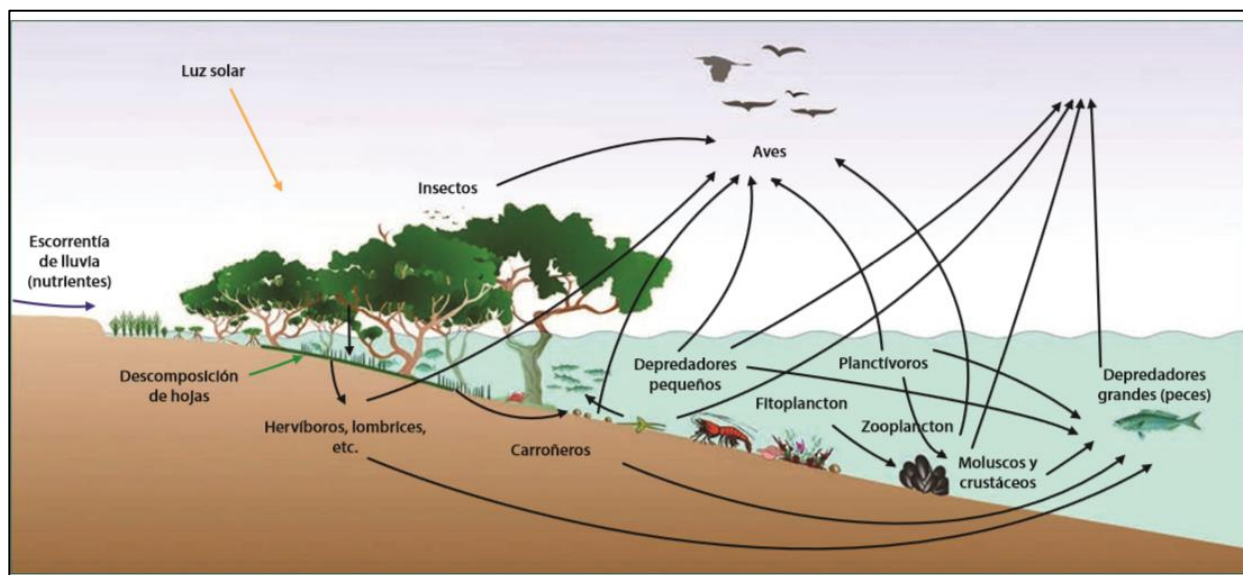
### **2.1 El ecosistema de manglar y su importancia**

Un manglar es un grupo de árboles, arbustos, matorrales, algunos helechos y/o palmeras donde el principal integrante es el árbol de mangle. El mangle es muy tolerante a la sal, por lo que vive en áreas lodosas donde se combina el agua de mar con el agua dulce que desemboca de ríos o quebradas, entre las líneas de marea alta y marea baja. Existen muchas especies diferentes de mangle. Tan solo en Panamá, las más grandes pueden alcanzar alturas de hasta 30 metros, mientras que las más pequeñas apenas llegan a los 20 centímetros. El manglar es parte de lo que se conoce como humedal, que es uno de los sistemas vivientes

o ecosistemas más ricos y diversos del planeta (Fig. 1), por la gran cantidad de especies marinas, terrestres y aéreas que habitan en ellos (ANAM-ARAP, 2013). Los manglares son importantes por los diversos servicios ambientales que nos brindan sin ningún costo. Por ejemplo, la purificación del aire o el abastecimiento de agua fresca son servicios ambientales sin los cuales no se podría existir. La existencia de los manglares asegura una gran cantidad de servicios importantísimos, de los cuales se depende. Algunos de estos servicios son:

- Favorecen la cría de peces y mariscos: los manglares sirven como hábitat para muchas especies de moluscos, crustáceos y peces durante las etapas tempranas de su vida, antes de que migren a mar abierto. Por esto es que cuando hay pérdida de cobertura de manglar, los pescadores van encontrando cada vez menos peces y mariscos (ANAM-ARAP, 2013). Por esto se dice que los manglares son grandes aliados para garantizar la seguridad alimentaria.
- Nos protegen de las olas y las tormentas: Los lugares ubicados detrás de los manglares están mejor protegidos de las amenazas que vienen desde el mar (como marejadas, vientos, tormentas tropicales, huracanes y tsunamis). Son una barrera natural, nuestra primera línea de defensa. Esta función es especialmente importante hoy en día, cuando el clima del planeta está cambiando y el nivel del mar está subiendo. En lugares donde se ha impactado el manglar, se puede observar como el oleaje está erosionando la costa. De manera que los manglares ayudan en los procesos de adaptación al cambio climático (ANAM-ARAP, 2013).

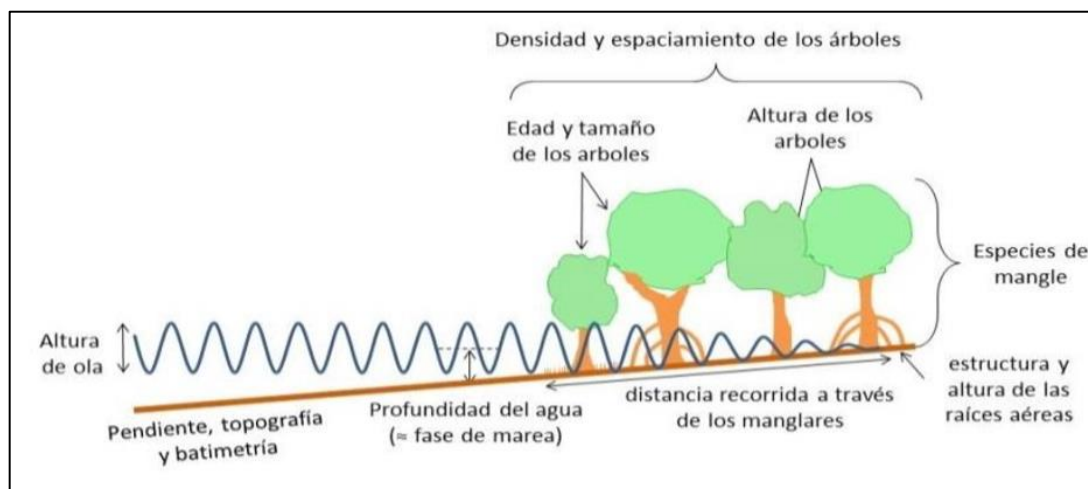
- Ayudan a desacelerar el cambio climático: Esto se conoce como mitigación del cambio climático. Los árboles de mangle capturan una significativa cantidad de carbono de la atmósfera y la almacenan en sus raíces, troncos, ramas y hojas. Además, en el suelo del manglar, rico en materia orgánica, también se almacena mucho carbono. Si se destruyen los manglares, gran parte de este carbono almacenado tarde o temprano entrará a la atmósfera, contribuyendo así a la aceleración del cambio climático (ANAM-ARAP, 2013).



**FIG 1.** Ecosistema de manglar. Fuente: Watts (1998) citado por ANAM-ARAP (2013)

## 2.2 Adaptación al cambio climático actual

En Panamá, los estragos del cambio climático se presentan en los fenómenos de aumento del nivel del mar, acompañado por erosión costera, y también en la frecuencia y la fuerza de eventos de tiempo extremo, como las tormentas, marejadas de tempestad, olas grandes y vientos fuertes. Los manglares protegen a las costas porque funcionan como una barrera natural que absorbe la energía de tormentas y vientos fuertes, reduciendo el poder de olas grandes, evitando de esta forma la erosión y la salinización de los suelos, que estarían afectando los cultivos agrícolas de las llanuras aluviales protegidas por las barreras rompe vientos del manglar (Wetlands International, 2014).



**FIG 2.** Función protectora de los manglares en las costas. Fuente: Wetlands International (2014).

De esta forma, los manglares impiden las inundaciones, la salinización de los suelos por la entrada de las aguas del mar y la erosión eólica. En términos de inversiones públicas y privadas, el valor económico de los servicios de protección que brindan los manglares, resulta ser enormes. Además, brindan refugio y seguridad a los pobladores de las costas, incluyendo los animales domésticos y silvestres en caso de las tormentas (Wetlands International, 2014).

### **2.3 El manglar como sumidero de carbono**

Los manglares son ecosistemas muy productivos incluso más que la mayoría de los bosques tropicales, ya que pueden aumentar rápidamente su biomasa y por lo tanto capturan más carbono que sus contrapartes. Según Wetlands International (2014) se estima que todos los manglares de Panamá absorben 1.6 millones de toneladas/Megatoneladas CO<sup>2</sup> por año. Sin embargo, estas cifras pueden variar ya que se está desarrollando el proyecto *“Protección de reservas y sumideros de carbono en los manglares y áreas protegidas de Panamá”*, desarrollado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que incluye investigaciones para obtener estimaciones más precisas. Los manglares de Panamá almacenan una cantidad elevada de carbono en su cobertura situada en la parte superior del suelo (biomasa aérea), de 48 millones de toneladas, aproximadamente.

Nota: Mtoneladas = Megatoneladas

Además, el suelo de estos mismos manglares panameños almacene unas 29 millones de toneladas de carbono adicionales. El total acumulado del carbono

almacenado por los manglares de Panamá se estima en alrededor de 77 millones de toneladas. (Wetlands International, 2014)

## **2.4 Bonos de carbono y su mercado**

El aumento de las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) ha generado importantes cambios climáticos, suscitando gran atención internacional. Como una forma de reducir las emisiones de GEI, se pueden utilizar los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) (Lobos *et al.*, 2005). Los MDL son uno de los grados de flexibilidad otorgados a los países desarrollados por el protocolo de Kyoto que estipula que por este mecanismo, los países desarrollados pueden financiar proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo y recibir créditos por ello. El propósito de los MDL es ayudar a las partes no incluidas en el Anexo I del Protocolo de Kyoto, a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la CMCC, así como ayudar a las Partes a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones (Lobos *et al.*, 2005).

Los MDL ofrecen la posibilidad de que los países industrializados puedan adquirir certificados de reducción o bonos de carbono en aquellos países en desarrollo que no tienen compromisos de reducción de emisiones, como es el caso de Panamá (Lobos *et al.*, 2005).

El propósito del mercado de bonos de carbono es establecer derechos de propiedad a un bien, considerado como “bien libre”, tal como el aire. De igual

manera, a través del mercado se exige la existencia de una entidad de regulación que establezca y facilite las condiciones de intercambio; en este contexto se creó la Convención Básica para el Cambio Climático (Aversano y Temperini, 2006).

Los anteriores autores han descrito con características detalladas este mercado como:

- Muy dinámico.
- Fuerte demanda de CERs (Certificates of emissions reduction, por sus siglas en inglés).
- Oferta limitada (reacción lenta en cantidad de proyectos).
- Costos de transacción altos.
- Tiempos prolongados para el proceso de aprobación.
- El mercado actual está basado en proyectos y no en CERs.
- Mercado secundario con riesgos importantes y posibilidad de grandes ganancias.

El mercado de los bonos de carbono presenta dos tipos de transacciones: la transferencia inmediata y los contratos a futuro. Este último, implica la transferencia futura de CERs (aún no expedidos) en una fecha específica. En general este tipo de transacciones implica un Acuerdo de Compra de Reducción de Emisiones. Bajo este acuerdo, el proponente del proyecto vende al

comprador los derechos de la totalidad o parte de la reducción de emisiones a lograr por el proyecto. El acuerdo contiene información sobre el volumen estimado

de reducción de emisiones anual, el volumen mínimo a ser comprado, el precio acordado y las condiciones de pago. En general, el pago se efectúa contra entrega de los CERs, pero en algunos casos es posible obtener un adelanto. (Aversano y Temperini, 2006).

El precio de los CERs está determinado en su mercado por la cantidad ofrecida y demandada. La cantidad demandada es influenciada directamente por:

- La aproximación al periodo de compromiso, 2012.
- El costo de reducción de emisiones en Países desarrollados.
- Sanciones del Protocolo de Kyoto y su relación directa con los incentivos a cumplir.
- Cupos de CERs permitidos para que los Países desarrollados puedan comprar. (Aversano y Temperini, 2006).

Los precios de los bonos de carbono varían dependiendo de la situación actual climática y de los precios en los países desarrollados. el precio promedio actual es de 5.50 dólares/tonelada pero se espera un aumento para este año en donde alcanzará precios de 8 a 10 dólares/ton. (NASDAQ, 2017).

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Descripción del área de estudio

El sitio de estudio se ubicará en los manglares de Punta Chame, Bahía de Chame, distrito de Chame, Provincia de Panamá Oeste, cuya georreferenciación es 624523 E y 957430 N a una altura de 13 msnm (Fig.3).

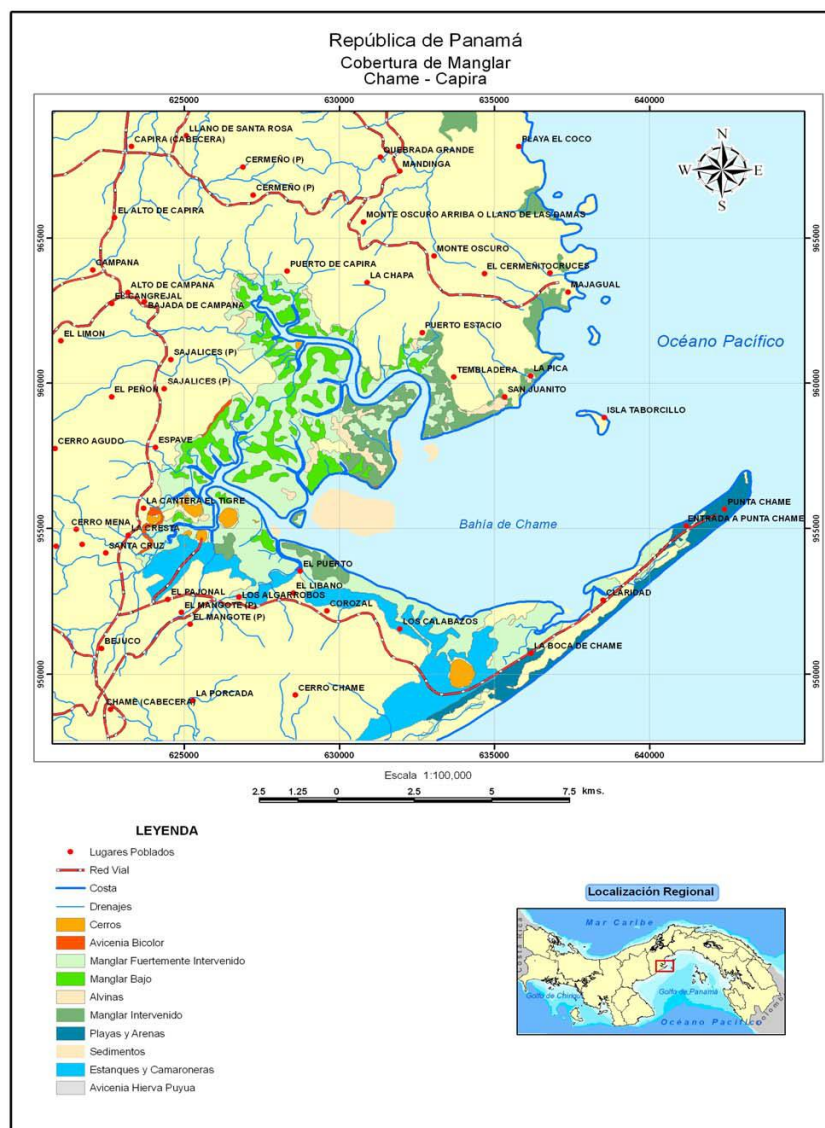


FIG 3. Ubicación del sitio de estudio en la provincia de Panamá Oeste.(CONFOREC, 2007)

Según la clasificación climática de McKay, (2000, citado por ANAM, 2010) los manglares de la Bahía de Chame se encuentran dentro de la zona climática caracterizada como clima tropical con estación seca prolongada. Este clima presenta temperaturas promedios anuales que oscilan entre los (27 – 28) °C, es cálido; se presenta como el clima predominante en los derrames de la hidrografía del Golfo de Panamá. Los totales pluviométricos anuales inferiores a los 2,500 mm, son los más bajos de todo el país, la estación seca presenta fuertes vientos, con predominio de nubes medias y altas; hay baja humedad relativa y fuerte evaporación.

El sitio de estudio se encuentra en la ecorregión terrestre de bosques secos de Panamá la cual se encuentra en estado crítico de conservación por la deforestación, la expansión agrícola y ganadera y por establecimiento de camaroneras y salineras (ANAM, 2010)

Según el sistema de zonas de vida de Holdridge (Tosi, 1971), el sitio de estudio se encuentra en la zona de vida de Bosque seco tropical caracterizado como un bio-clima sub húmedo y cálido, este ha sido despojado en su mayoría totalmente de su cobertura forestal natural original, excepto en manglares, estuarios y entradas costeras. La deforestación ha tenido como consecuencia que una minúscula parte de propietarios de tierras tengan que plantar sus propios árboles dentro de las especies que más plantan se encuentra el cedro amargo (*Cedrela*

*odorata*), cedro espino (*Pachira quinata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), roble (*Tabebuia rosea*) y corotú (*Enterolobium cyclocarpum*).

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Tamaño y distribución de las unidades de muestreo**

Según el protocolo establecido por el proyecto “Protección de reservas y sumideros de carbono en los manglares y áreas protegidas de Panamá” (PNUD,2017), se establecerán dos parcelas o conglomerados compuestos por 5 sub-parcelas circulares cada uno, de 7 metros de radio que corresponde a un área de 153.9 metros cuadrados, según la metodología de Howard et al. (2014) citada por Cifuentes-Jara, et al, (2014). Las parcelas se distribuirán según un diseño radial agrupado, tomando un punto de inicio a los 50 m de la orilla, y cada 25 m después de ese punto como distancia entre parcelas.

### **3.2.2 Demarcación de las unidades de muestreo**

Se seleccionará para cada conglomerado radial los puntos centrales que serán el punto de partida para delimitar el radio de cada sub-parcela y se marcará con cinta fluorescente. Este mismo procedimiento se realizará con el resto de las sub-parcelas. Se georreferenciarán las sub-parcelas para posteriormente elaborar un mapa donde se muestre la ubicación geográfica de las mismas.

### 3.2.3 Muestreo de la vegetación

Para el muestreo de vegetación se realizará un inventario en el área y se recolectará información dasométrica de los árboles existentes dentro de las parcelas, según la metodología del proyecto “Valoración de los servicios ecosistémicos y el potencial de mitigación al cambio climático que proveen los manglares del Golfo de Nicoya, Costa Rica” (Cifuentes-Jara *et al.*, 2014), necesarios para el cálculo de carbón almacenado para la investigación, la información recolectada fue la siguiente.

Diámetro a la altura de pecho (DAP): la medición de diámetro es la operación más común y sencilla de mensura forestal. En árboles en pie, la altura normal del diámetro representativo del árbol es 1.30 m desde el nivel del suelo, medidos sobre la pendiente (Prodan, 1997). En las parcelas de 7 m de radio se medirá el dap (diámetro a la altura del pecho, medida a 1.30 m de altura sobre el fuste) o el diámetro (D, medido a 30 cm por sobre la última raíz fúlcrea o irregularidad del fuste) de todos los individuos con  $dap \geq 5$  cm y se anotará si estaban vivos o muertos.

Altura: los aparatos que se utilizan en la medición de altura en árboles se los conoce como hipsómetros (Prodan, 1997), para éste estudio se tomará la altura del fuste (h).

Área basal: es una de las dimensiones empleadas con mayor frecuencia para caracterizar el estado de desarrollo de una masa arbórea, que se define como el área de una sección transversal del fuste a 1.30 metros sobre el suelo (Prodan, 1997). El área basal, por su forma irregular, nunca se mide en forma directa, sino que se deriva de la medición del diámetro, utilizando la expresión:

$$g = \frac{\pi}{4} D^2$$

Donde,

$g$ = área de la sección, en metros cuadrados ( $m^2$ ).

$d$ = diámetro, en metros (m).

Medición del volumen del fuste ( $m^3 \text{ Ha}^{-1}$ ): este es obviamente uno de los resultados de importancia para determinar el carbono almacenado. En este parámetro, un chequeo de calidad, permite determinar si se han cometido errores de medición. Por ello, lo ideal es volver a medir algunas parcelas utilizadas durante el inventario (Orozco y Brumér, 2002).

En el caso de que no existan estudios locales que den información sobre la relación área basal-volumen, se puede utilizar el modelo general:

$$V = g * h * ff$$

Donde,

$v$ = volumen, en metros cúbicos ( $m^3$ ).

$g$ = área basal, en metros cuadrados ( $m^2$ ).

$h$ = altura comercial, en metros (m).

$ff$ = factor forma (0.5)

### **3.2.4 Muestreo de suelos**

El muestreo de suelo es necesario para determinar el carbono en el suelo. Se tomarán muestras de suelo hasta un metro de profundidad en un punto central de la parcela. Se utilizará un barreno abierto semicilíndrico de 2 ½ pulgadas, especial para suelo no consolidado para extraer muestras de 0 – 15, 15 – 30, 30 – 50 y 50 – 100 cm de profundidad (Murdiyarsa *et al* 2009). En el punto de muestreo, se tomará una muestra de 10 cm de largo del centro de cada intervalo de profundidad para determinar la densidad aparente del suelo. El material restante será homogenizado por profundidad y parcela, y una submuestra será llevada al Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA para análisis del contenido de carbono total.

### **3.2.5 Determinación de la Densidad Aparente ( $D_a$ )**

Se utilizará el método del cilindro, según (Forsythe, 1974).el cual consistió en muestrear dos estratos a 5 cm de profundidad,

Calculándola con la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{pss}{V}$$

Donde,

Da= densidad aparente, en gramos por centímetro cúbico (g cm<sup>-3</sup>).

Pss= peso del suelo secado a 105 °C, en gramos (g).

V= volumen interno del cilindro de muestra, en centímetros cúbicos (cm<sup>3</sup>).

### 3.2.6 Cálculo de la Materia Orgánica (MO)

Se tomará una muestra representativa del suelo del manglar en el área de estudio de cada parcela para estimar el contenido de materia orgánica. Estas muestras se analizarán en el Laboratorio de Suelos y Aguas, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, sede en Chiriquí, para el análisis de materia orgánica.

Para la determinación de materia orgánica en el suelo se utilizará el método Walkey–Black según Jackson (1982), citado por De Vos *et.al*, (2007). utilizando el siguiente modelo:

$$M = 10 \left( 1 - \frac{T}{S} \right) * F$$

Donde,

MO= porcentaje de materia orgánica (%).

S= valoración en blanco, mililitros de solución ferrosa.

T= valoración de la muestra, mililitros de solución ferrosa.

F= factor (1.34 para 0.5 gramo de suelo, 0.67 para 1.0 gramo y 3.35 para 0.2 gramo).

### **3.2.7 Carbono Orgánico (CO)**

El carbono orgánico se determinará según Rodríguez y Rodríguez (2002, citados por De Vos *et. al*, 2007), considerando un factor de 1.724. Es necesario conocer el valor % de MO que tiene el suelo; luego se procederá a determinar el % de CO utilizando el siguiente modelo:

$$\%CO = \%MO/1.724$$

Donde,

%CO= porcentaje de carbono orgánico.

%MO= porcentaje de materia orgánica.

1.724= constante.

### **3.3 Análisis de la información**

Para el análisis de los datos obtenidos en esta investigación se procesarán utilizando una estadística descriptiva, compuesto principalmente por promedios, valores máximos y valores mínimos.

La biomasa aérea y de raíces se calculará utilizando una serie de ecuaciones alométricas publicadas en la literatura. En lo posible se utilizarón ecuaciones específicas para las especies encontradas durante el inventario. Cuando esto no fue posible, se utilizaron las ecuaciones generales de Chave (2005) y Komiyama *et al* (2005). Los datos de biomasa fueron convertidos en contenidos de carbono según la especie (Murdiyaso *et al* 2009, Kauffman *et al.*, 2013). Los datos para todos los componentes del ecosistema se reportan en MgC·ha<sup>-1</sup> (Megagramos, o toneladas, de carbono por hectárea).

**CUADRO I.** ECUACIONES ALOMÉTRICAS POR ESPECIE PARA DETERMINAR EXISTENCIA DE CARBONO A NIVEL DE ECOSISTEMA. (CIFUENTES-JARA *ET AL.*, 2014).

Espece	Ecuación	Fuente
<i>Avicennia germinans</i>	$0.0942 \cdot D^{2.54}$	Imbert & Rollet (1989)
<i>Pelliciera rhizophorae</i>	$0.0942 \cdot D^{2.54}$	Imbert & Rollet (1989)
<i>Rhizophora racemosa</i>	$0.128 \cdot D^{2.6}$	Fromard et al (1998)
<i>Rhizophora mangle</i>	$0.722 \cdot D^{1.731}$	Smith & Whelan (2006)
<i>Laguncularia racemosa</i> y otras	$p \cdot \text{Exp}(-1.349 + 1.98 \cdot \text{Ln}(D) + 0.207 \cdot \text{Ln}(D)^2 - 0.0281 \cdot \text{Ln}(D)^3)$	Chave et al (2005)
Raíces manglares	$0.199 \cdot D^{0.899} \cdot D^{2.22}$	Komiyama et al (2008)
Raíces otras especies	$= \text{Exp}(-1.085 + 0.9256 \cdot \text{Ln}(B))$	Cairns et al (1999)

D: diámetro; p: gravedad específica de la madera; B: biomasa sobre el suelo.

### 3.4 Valoración económica

Una vez obtenido las existencias de carbono por hectárea, especie y total, presentes en el área de estudio, el siguiente paso fue valorar monetariamente estas existencias, que es la parte central del objetivo de este trabajo. Para valorar el almacenamiento de carbono realizado por el bosque de manglar, se realizó un análisis en diferentes opciones de precios, el cual fue establecido teniendo en cuenta la venta de este servicio ambiental a nivel internacional en las bolsas de carbono o como parte de acuerdos bilaterales entre países desarrollados y subdesarrollados, con el fin de disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. En este caso se tuvo en cuenta los precios pagados por el Banco Mundial frente a otros precios de referencia proveniente de los mercados de carbono de la Unión Europea y Chicago, para tipos de moneda CERs (Certificados de Emisiones Reducidas) y VERs (Reducciones de Emisiones Verificadas), respectivamente. Estos precios de mercado equivalen a una tonelada de CO<sub>2</sub>e (dióxido de carbono equivalente), es decir; 3,6666 toneladas de carbono; de acuerdo con Pedroni (2004). Finalmente, la valoración del servicio del bosque como sumidero de carbono, se realizó con precios promedio de mercado de US\$ 3,5 dólares para los certificados forestales pagados por el Banco Mundial a través de su fondo Community Development Carbon Fund (CDCF). En contraste con los precios de € 14,5 y 17,5 euros que alcanza la tonelada de CO<sub>2</sub>e reducida o secuestrada para diferentes modalidades de tecnología en los mercados de Chicago y la Unión Europea. (De La Peña *et.al.*2010).

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Ubicación geoposicional de las parcelas y sub-parcelas

Para cada parcela se establecieron sub-parcelas, lo que dio como resultado para la parcela Punta Chame 1, 5 sub-parcelas circulares de 154 m<sup>2</sup> cada una, la misma cantidad de parcelas se establecieron para la parcela Punta Chame 2. Es importante resaltar que las sub-parcelas fueron establecidas en un zona de protección así designada en el mapa de área de recursos múltiples Bahía de Chame, ya que la zona está poco perturbada lo que la hace ideal para este estudio. Cabe señalar que cada parcela y sub-parcelas fueron georreferenciadas con un GPS. (Ver Anexos )

### 4.2 Parámetros evaluados

#### 4.2.1 Muestreo arbóreo

Se inventariaron todos los árboles de diversas especies de mangle dentro de las sub-parcelas de estudio. Al momento del inventario se tomó la decisión de clasificarlos según su especie, ya que se encontraron cuatro especies de manglar: Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle caballero (*Rhizophora racemosa*), Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*),y Mangle piñuelo (*Pelliciera*

*rhizophorae*). y así sus variables como: abundancia por sitio y relevancia en base a parámetros dasométricos y su capacidad de secuestrar carbono.

## CUADRO II. VARIABLES DASOMÉTRICAS MEDIDAS, PUNTA CHAME 2017.

Parcela	No. de Árboles	N. Común	N. Científico	Diámetro promedio (cm)	Area Basal (m <sup>2</sup> )	Densidad (individuos/Ha)
1	132	M.rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	9.24	9.58	1714
	28	M.blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	13.75	3.02	364
	13	M.caballero	<i>Rhizophora racemosa</i>	17.42	1.78	169
	4	M.piñuelo	<i>Peliciera rhizophorae</i>	6.8	0.21	52
total	177		SUMATORIA	47.21	14.60	2299
			MEDIA/ESPECIE	11.80	3.65	575
Parcela	No. de Árboles	N. Común	N. Científico			
2	118	M.rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	8.75	8.11	1532
	18	M.blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	16.93	2.39	234
	28	M.caballero	<i>Rhizophora racemosa</i>	17.93	3.94	364
	1	M.piñuelo	<i>Peliciera rhizophorae</i>	7.4	0.06	13
total	165		Sumatoria	51.01	14.50	2143
			MEDIA/ESPECIE	12.75	3.63	536
TOTALES	250	M.rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	9.0	17.66	1623
	46	M.blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	15.3	5.54	299
	41	M.caballero	<i>Rhizophora racemosa</i>	17.7	5.69	266
	5	M.piñuelo	<i>Peliciera rhizophorae</i>	7.1	0.28	32
			Sumatoria	49.1	29.17	2221
			MEDIA/ESPECIE/PARCELA	12.3	7.3	555

En una de las parcelas,(Punta Chame 1) se contabilizaron un total de 177 árboles de mangle de diferentes especies dentro de las cuales la más abundante fue el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con 132 individuos que representan el (75%) de toda la parcela, luego el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) con 28 individuos con un (16%), le sigue el mangle caballero (*Rhizophora racemosa*) con 13 individuos con un (7%) y por último el mangle piñuelo(*Pelliciera rhizophorae*) el menos abundante con tan solo 4 individuos que representan el (2%) siendo este una minoría dentro de la parcela. En la otra parcela,(Punta Chame 2) se muestreo una población de 165 individuos donde el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) de

igual manera es la más abundante con 118 individuos que representan un (71%) de la diversidad arbórea, luego el mangle caballero (*Rhizophora racemosa*) con 28 individuos que representan el (17 %) de la misma, luego el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) con 18 individuos y un (11%) de la diversidad, y de igual manera que en la anterior la especie de mangle piñuelo(*Pelliciera rhizophorae*) con solo un individuo y (1%) de la parcela .

En la totalidad del área de estudio (0.15 Ha) se muestrearon 342 árboles de mangle en donde se realizó una estratificación por especie y así se determinó su abundancia total por especie donde la más abundante es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con 250 individuos que representan el (73.1 %) de la diversidad de especies del sitio de estudio, luego el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) siendo la segunda más abundante con 46 individuos y una representación porcentual del (13.5 %) , la tercera más abundante es el mangle caballero (*Rhizophora racemosa*) con 41 individuos y un porcentaje del (11.9%), y por último el mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) el cual se consideró como una minoría dentro del sitio de estudio con tan solo cinco individuos y un (1.5 %) de las especies muestreadas .

**CUADRO III. ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PARCELA, PUNTA CHAME 2017.**

Abundancia de especies por parcela							
N. Común	Especie	No. de Árboles	Abundancia	No. de Árboles	Abundancia relativa(%)	No. de Árboles	Abundancia
		Parcela Pta. Chame 1	relativa(%)	Parcela Pta. Chame 2		Total	
<b>M.rojo</b>	<i>Rhizophora mangle</i>	132	74.6%	118	71.5%	250	73.1%
<b>M.blanco</b>	<i>Laguncularia racemosa</i>	28	15.8%	18	10.9%	46	13.5%
<b>M.caballero</b>	<i>Rhizophora racemosa</i>	13	7.3%	28	17.0%	41	12.0%
<b>M.piñuelo</b>	<i>Peliciera rhizophorae</i>	4	2.3%	1	1%	5	1.5%
	<b>TOTALES</b>	<b>177</b>	<b>100.0%</b>	<b>165</b>	<b>100.0%</b>	<b>342</b>	<b>100.0%</b>

#### 4.2.2 Medición de biomasa

Una vez colectadas en campo los parámetros dasométricos requeridos por los modelos alométricos, se obtuvieron los datos de biomasa seca aérea y radicular para cada especie de manglar. Los valores de gravedad específica de las especies de manglar utilizadas, fueron las siguientes : Mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con 0.87 g/cm<sup>3</sup>, Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) con 0.60 g/cm<sup>3</sup>, Mangle caballero (*Rhizophora racemosa*) con 0.89 g/cm<sup>3</sup>, y mangle piñuelo(*Pelliciera rhizophorae*) con un valor de 0.85 g/cm<sup>3</sup>. Estos valores fueron obtenidos del centro mundial de agroforestería. (Saenger 2002; Komiyama *et al.* 2005; Donato *et al.* 2012; World Agroforestry Center 2001). Cabe destacar, que estos valores de gravedad específica solamente fueron utilizados en un solo modelo alométrico para biomasa aérea de la especie mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) (Chave *et.al.*2005.).Sin embargo, fue un elemento fundamental para el cálculo de biomasa a nivel radicular. Una vez empleados dichos modelos

alométricas se estima la biomasa aérea y radicular en kilogramos, donde solamente el 0.5 o 50% pertenece a carbono. Una vez determinado dicho dato se divide el contenido por especie, para tener un conocimiento de cuanto captura cada especie para luego extrapolar estos valores a toneladas de carbono por hectárea.

#### **4.2.3 Estimación de biomasa aérea**

La biomasa aérea se estimó a partir de modelos alométricos que solamente necesitan variables dasométricas como el diámetro a la altura de pecho, y las densidades de madera según especie. En una de las parcelas (Punta Chame 1) la biomasa es 10.24 (Mgbiomasa ó toneladas de biomasa seca) dentro de la misma dando como resultado extrapolado 132.98 (Mgbiomasa ha<sup>-1</sup>). En la otra parcela (Punta Chame 2) la biomasa fue de 13.02 (Mgbiomasa ó toneladas de biomasa seca) y extrapolado el mismo da como valor 169.09 (Mgbiomasa seca ha<sup>-1</sup>). En toda el área de estudio el promedio entre parcelas es de 23.26 (Mgbiomasa ó toneladas de biomasa seca), en su totalidad se genera un promedio de 151.03 (Mgbiomasa seca ha<sup>-1</sup>).

#### **4.2.4 Estimación del carbono epigeo según componentes**

El carbono epigeo se estimó con base en los datos de biomasa seca antes mencionados por un dato específico de contenido de carbono, se usó el factor de 0.5 recomendado por la IPCC (2003). El carbono aéreo existente en una de las

parcelas (Punta Chame 1) fue un valor de 5.12 (MgC) y un promedio entre especies de 1.28 (MgC) dentro del área de esta parcela, mientras que extrapolada es 66.43 (MgC ha<sup>-1</sup>) con un promedio entre especies de 16.61 (MgC ha<sup>-1</sup>). En la otra parcela (Punta Chame 2) el valor de carbono aéreo existente es 6.51 (MgC) y un promedio entre especies de 1.63 (MgC) dentro de la parcela, mientras que extrapolada tiene un promedio de 84.55 (MgC ha<sup>-1</sup>) y un promedio entre especies de 21.14 (MgC ha<sup>-1</sup>). A nivel general del área de estudio el carbono aéreo existente es 11.63 (MgC) y un promedio entre especies es de 2,91 (MgC), y el carbono aéreo total extrapolado es 75.49 (MgC ha<sup>-1</sup>), y un promedio entre especies de 18.87 (MgC ha<sup>-1</sup>).

#### **4.2.5 Madera muerta caída**

El contenido de carbono en biomasa muerta sobre el suelo es un dato muy importante pero estas mediciones para su estimación no se realizaron. Sin embargo este dato se estimará según (Kauffman & Cole 2010), que nos dice que la madera muerta caída solamente representa del (2.5%-5%) de las reservas de carbono). El valor de madera muerta tomando en cuenta el 5% a nivel del área de estudio, este representaría un valor promedio de 0.15 (MgC) y un (MgC ha<sup>-1</sup>).

#### 4.2.6 Hojarasca

El contenido de carbono en la hojarasca presente en el área de estudio es otro dato que no se pudo muestrear, ya que este involucraba la recolecta de biomasa durante un periodo prolongado. La hojarasca no es un componente completamente representativo es más se considera como una minoría dentro de estos inventarios (BIOMARCC, 2012), nos dicen que la presencia de hojarasca es mínima en los manglares; no sobrepasa  $1.3 \text{ (MgC ha}^{-1}\text{)}$  (un 0.02% del carbono epigeo total), debido quizá a la influencia de las mareas que arrastran la hojarasca depositada sobre la superficie del manglar y la acción de cangrejos y otros animales que se alimentan de los detritos. Esto es consistente con observaciones de campo donde, aparte de la alta densidad de raíces de los árboles de mangle, no hay mayor presencia de regeneración, hojarasca o madera caída. (BIOMARCC, 2012). Lo que nos da un dato promedio en el área de estudio de  $0.02 \text{ (MgC ha}^{-1}\text{)}$  para este componente.

**CUADRO IV. EXISTENCIA DE CARBONO EPIGEO EN (MgC ha<sup>-1</sup>), PUNTA CHAME 2017.**

COMPONENTE	EXISTENCIA DE CARBONO EPIGEO		
	PARCELAS		
	PUNTA CHAME 1	PUNTA CHAME 2	GENERAL
ÁRBOLES	66.43	84.55	75.49
HOJARASCA	0.01	0.02	0.02
MADERA CAÍDA	3.3	4.2	3.8
C TOTAL EPIGEO	69.76	88.79	79.28

#### 4.2.7 Carbono total epigeo

El carbono total epigeo representa la sumatoria de todos los componentes sobre el suelo medidos dentro del ecosistema de manglar. En la parcela (Punta Chame 1) se obtuvo un valor de 69.76 (MgC ha<sup>-1</sup>) de C total epigeo. En la otra parcela (Punta Chame 2) se obtuvo un valor de 88.79 (MgC ha<sup>-1</sup>). A nivel general del área de estudio, la existencia de C total promedio epigeo fue de 79.28 (MgC ha<sup>-1</sup>). El componente arbóreo representa un (95%) del carbono total epigeo, mientras que la hojarasca solamente un (0.02%) y la madera muerta caída un (5%).

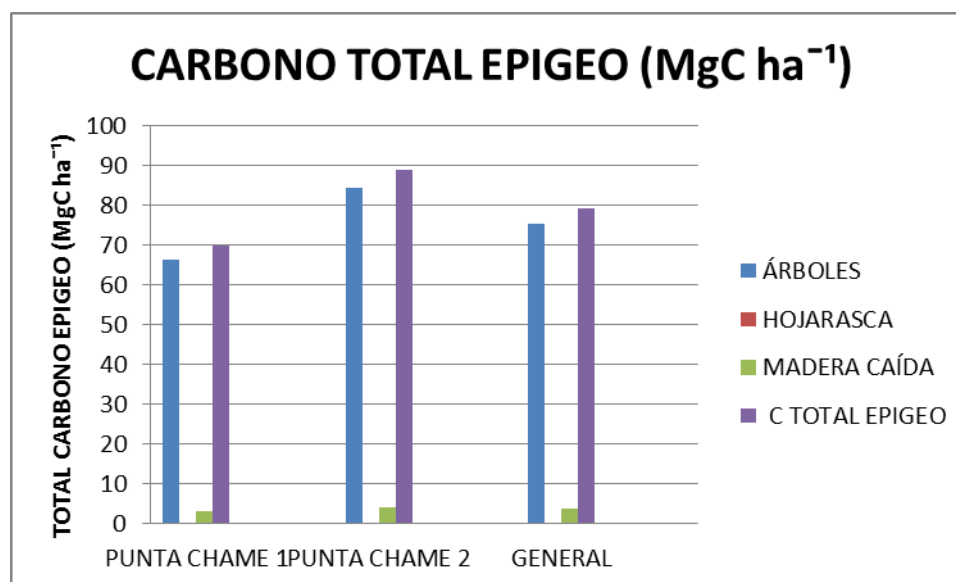


FIG 4. CARBONO TOTAL EPIGEO (MgC ha<sup>-1</sup>), PUNTA CHAME 2017.

#### 4.2.8 Existencia de carbono en las raíces

El carbono del suelo comprende el carbono almacenado en biomasa (raíces) y en el suelo mineral. Cabe destacar que el modelo alométrico utilizado para el cálculo de biomasa en raíces fue la ecuación general de (Komiyama *et.al.* 2005). El primer componente se subdivide en cuatro especies dentro de cada parcela, en (Punta Chame 1) el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) tiene una concentración de C en raíces de 20.13 (MgC ha<sup>-1</sup>), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) contiene 6.62 (MgC ha<sup>-1</sup>), mangle caballero (*Rhizophora racemosa*) con un valor de 9.09 (MgC ha<sup>-1</sup>), y mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) con 0.31 (MgC ha<sup>-1</sup>), lo que nos da un total de 36.16 (MgC ha<sup>-1</sup>) y un promedio de entre especies de 9.04 (MgC ha<sup>-1</sup>) en la parcela. En la otra parcela (Punta Chame 2) el mangle rojo (*Rhizophora*

*mangle*) tiene una concentración de C en raíces de 16.88 (MgC ha<sup>-1</sup>), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) contiene 7.92 (MgC ha<sup>-1</sup>), mangle caballero (*Rhizophora racemosa*) con un valor de 19.61 (MgC ha<sup>-1</sup>), y mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) con 0.09 (MgC ha<sup>-1</sup>), lo que nos da un total de 44.51 (MgC ha<sup>-1</sup>) y un promedio entre especies de 11.13 (MgC ha<sup>-1</sup>) en esta parcela. A nivel general, el componente de raíces por especies es el siguiente: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) tiene una concentración de C en raíces de 18.51 (MgC ha<sup>-1</sup>), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) contiene 7.27 (MgC ha<sup>-1</sup>), mangle caballero (*Rhizophora racemosa*) con un valor de 14.35 (MgC ha<sup>-1</sup>), y mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) con 0.20 (MgC ha<sup>-1</sup>), con un promedio entre parcelas de 40.33 (MgC ha<sup>-1</sup>), y un promedio entre especies de 10.08 (MgC ha<sup>-1</sup>). Las especies de manglar comprenden la abundancia relativa del carbono en raíces son: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) comprende el (45%) siendo el de mayor abundancia de carbono. Luego, el mangle caballero (*Rhizophora racemosa*) con él (36%), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) comprende el (18%), y mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*) con el (1%).

### **4.3. Muestreo de suelo**

#### **4.3.1 Densidad aparente**

Las muestras que se recolectaron para la estimación de la densidad aparente del suelo de manglar, en cada una de las sub-parcelas de cada parcela de estudio, fueron cuatro estratos muestreados a diferentes intervalos de profundidad de (0-15 cm),(15-30 cm),(30-50 cm) y (50-100 cm). Teniendo así, una densidad

aparente para la parcela (Punta Chame 1) en el primer estrato de (0-15 cm) un valor promedio de 0.37 (g/cm<sup>3</sup>), en el segundo estrato de (15-30 cm) un valor promedio de 0.52 (g/cm<sup>3</sup>), en el tercer estrato de (30-50 cm) un valor promedio de 0.43 (g/cm<sup>3</sup>), y en el cuarto estrato de (50-100 cm) un valor promedio de 0.48 (g/cm<sup>3</sup>). En la parcela (Punta Chame 2) la densidad del suelo en el primer estrato fue 0.44 (g/cm<sup>3</sup>), en el segundo estrato fue 0.55 (g/cm<sup>3</sup>), en el tercer estrato fue 0,52 (g/cm<sup>3</sup>) y en el cuarto estrato fue de 0.50 (g/cm<sup>3</sup>).

#### **4.3.2 Contenido de materia orgánica (MO)**

Las muestras representativas de suelo que se tomaron fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (LABSA), sede en Chiriquí, para el análisis de materia orgánica, dando como resultado del contenido promedio de materia orgánica en la parcela (Punta Chame 1) en el primer estrato (0-15 cm) es (18.2%), en el segundo estrato (15-30 cm) tiene un (18%), en el tercer estrato (30-50 cm) tiene (15.1%) y en el cuarto estrato (50-100 cm) tiene (16.1%). En la parcela (Punta Chame 2) se obtuvo en el primer estrato (14.9%), en el segundo estrato tiene (16.0%), luego el tercer estrato cuenta con un (13.3%) y en el cuarto estrato se tiene (15.8%), los datos completos se encuentran en el (CUADRO V)

### CUADRO V. MATERIA ORGÁNICA POR ESTRATO (%)

		Materia orgánica por estrato (%)			
	SUBPARCELA	Estratos			
		0-15 cm	15-30 cm	30-50 cm	50-100 cm
Punta Chame 1	1	16.7	20.0	21.1	21.7
	2	15.6	10.0	15.6	21.1
	3	20.0	20.0	13.3	15.6
	4	20.0	22.2	10.0	11.1
	5	18.9	17.8	15.6	11.1
Punta Chame 2	6	13.3	18.9	12.2	16.7
	7	13.3	11.1	11.1	10.0
	8	10.0	13.3	13.3	12.2
	9	20.0	15.6	20.0	21.1
	10	17.8	21.1	10.0	18.9

#### 4.3.3 Carbono orgánico (CO)

Una vez que se calculó la materia orgánica del suelo se procede a estimar el contenido de carbono orgánico del suelo de cada parcela, el factor de contenido de carbono orgánico es de 0.58 según la IPCC. Véase en el cuadro VI.

### CUADRO VI. CARBONO ORGÁNICO POR ESTRATO, PUNTA CHAME 2017.

		Carbono orgánico por estrato (%)			
	SUBPARCELA	Estratos			
		0-15 cm	15-30 cm	30-50 cm	50-100 cm
Punta Chame 1	1	9.7	11.6	12.3	12.6
	2	9.0	5.8	9.0	12.3
	3	11.6	11.6	7.7	9.0
	4	11.6	12.9	5.8	6.4
	5	11.0	10.3	9.0	6.4
Punta Chame 2	6	7.7	11.0	7.1	9.7
	7	7.7	6.4	6.4	5.8
	8	5.8	7.7	7.7	7.1
	9	11.6	9.0	11.6	12.3
	10	10.3	12.3	5.8	11.0

#### 4.3.4 Carbono en el suelo (CS)

Los suelos del manglar a nivel general almacenan en promedio 439.52 (MgC ha<sup>-1</sup>) en un suelo a un metro de profundidad, donde el cuarto estrato(50-100 cm) con 224.77 (MgC ha<sup>-1</sup>), y representa un (51%) del carbono almacenado en el suelo de manglar le siguen los estratos de (15-30 cm) con 79.41 (MgC ha<sup>-1</sup>), y de (30-50 cm) con 79.05 (MgC ha<sup>-1</sup>), estos estratos no muestran mucha diferencia con un (18%) cada uno , mientras que la menor concentración de carbono almacenado se sitúa en el primer estrato de (0-15 cm) con 56.30 (MgC ha<sup>-1</sup>), representando un (13%) del total del carbono existente en los suelos en el área de estudio.

En la parcela (Punta Chame 1) se obtuvo un promedio de 432.61 (MgC ha<sup>-1</sup>) almacenado en los suelos de manglar a un metro de profundidad, donde el cuarto estrato(50-100 cm) registró 216.12 (MgC ha<sup>-1</sup>), y representa un (50%) del carbono almacenado en el suelo le sigue el estrato de (15-30 cm) con 81.64 (MgC ha<sup>-1</sup>), y de (30-50 cm) con 76.94 (MgC ha<sup>-1</sup>). Estos dos estratos muestran una diferencia mínima de (1%),ya que uno representa el (19%) y otro el (18%) de carbono en el suelo a nivel de parcela. La menor concentración de carbono almacenado se situó en el primer estrato de (0-15 cm) con 57.92 (MgC ha<sup>-1</sup>), representando un (13%) del total del carbono existente en los suelos de la parcela.

En la parcela (Punta Chame 2) se obtuvo un promedio de 446.43 (MgC ha<sup>-1</sup>) almacenado en los suelos de manglar a un metro de profundidad, donde el cuarto estrato(50-100 cm) almacenó 233.42 (MgC ha<sup>-1</sup>), y representa un (52.3%) del carbono almacenado en el suelo le sigue el estrato de (15-30 cm) con 77.18 (MgC

ha<sup>-1</sup>), y de (30-50 cm) con 81.16 (MgC ha<sup>-1</sup>). Estos estratos muestran una diferencia mínima de (1%), ya que uno representa el (17.2%) y otro el (18.3%) de carbono en el suelo a nivel de parcela. La menor concentración de carbono almacenado se situó en el primer estrato de (0-15 cm) con 54.68 (MgC ha<sup>-1</sup>), representando un (12.2%) del total del carbono existente en los suelos de la parcela. Véase en el (cuadro VII).

**CUADRO VII. EXISTENCIAS DE CARBONO EN EL SUELO, PUNTA CHAME 2017.**

	Carbono en el suelo (MgC ha <sup>-1</sup> )				Existencia total (1m)	
	0-15 cm	15-30 cm	30-50 cm	50-100 cm		
PUNTA CHAME 1	1	57,83	80,16	108,61	250,26	496,86
	2	49,33	44,11	82,56	209,78	385,78
	3	66,68	105,67	75,84	284,28	532,47
	4	56,73	100,32	34,56	164,02	355,63
	5	59,04	77,93	83,13	172,23	392,33
	Promedio	57,92	81,64	76,94	216,12	432,61
PUNTA CHAME 2	6	40,41	91,09	77,04	275,19	483,72
	7	55,43	46,49	53,28	130,88	286,08
	8	49,67	69,30	88,22	183,19	390,38
	9	63,78	76,63	129,44	375,31	645,16
	10	64,09	102,37	57,84	202,51	426,82
	Promedio	54,68	77,18	81,16	233,42	446,43
Media	56,30	79,41	79,05	224,77	439,52	

#### 4.3.5 Existencias de carbono a nivel de ecosistema

El carbono en el ecosistema de manglares alcanzó los 559.13 (MgC ha<sup>-1</sup>) a una profundidad de un metro. Los componentes más importantes de las existencias de carbono a nivel de ecosistema son los suelos y los árboles. El suelo representa

un (79%) del total del ecosistema, mientras que los árboles representan el (14%), las raíces representan (7%) restantes. Ver en el cuadro VIII

**CUADRO VIII. EXISTENCIAS DE CARBONO A NIVEL DE ECOSISTEMA (MgC ha<sup>-1</sup>), PUNTA CHAME 2017.**

COMPONENTE	EXISTENCIAS DE CARBONO A NIVEL DE ECOSISTEMA (MgC ha <sup>-1</sup> )		
	PARCELAS		
	PUNTA CHAME 1	PUNTA CHAME 2	GENERAL
ÁRBOLES	66.43	84.55	75.49
HOJARASCA	0.01	0.02	0.02
MADERA CAÍDA	3.3	4.2	3.8
C TOTAL EPIGEO	69.76	88.79	79.28
C RAÍCES	36.16	44.51	40.33
C SUELOS	432.61	446.43	439.52
C TOTAL ECOSISTEMA	538.53	579.73	559.13

#### 4.4 Valoración económica

##### 4.4.1 Valoración económica del carbono almacenado en el bosque de manglar

Al asignar un valor de cambio o precio de mercado al almacenamiento de carbono del bosque de manglar convirtiendo las toneladas de carbono en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e). El análisis por especie, mostró que la especie mangle caballero (*Rhizophora racemosa*), obtuvo la mayor existencia de CO<sub>2</sub>e (106.66 MgCO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>) en el área de estudio, entre US\$ 373.31 y 2,239.86 ha<sup>-1</sup>. Este primer valor corresponde a los precios pagados por los fondos del Banco Mundial (FBM), mientras que el segundo proviene de los precios que han alcanzado la tonelada

de CO<sub>2</sub>e en el mercado de la Unión Europea (MUEA). No obstante, hay un valor intermedio de US\$ 1,813.22/ha, el cual corresponde al promedio de los últimos valores transados en el mercado de Chicago (MC) (mercado voluntario fuera de los esquemas de Kioto). Luego la especie mangle rojo (*Rhizophora mangle*) almacenó en promedio (93.31 MgCO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup>), que en términos monetarios equivalen a US\$ 326.59 y 1,959.51 ha<sup>-1</sup> para los fondos del banco mundial y el mercado de la unión europea, y unos US\$ 1,586.27 ha<sup>-1</sup> en el mercado de Chicago. El mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) que secuestró (75.93 MgCO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>) y obtuvo un valor con el FBM de US\$ 265.76 ha<sup>-1</sup> y en el MUEA se obtuvo US\$ 1,594.53 ha<sup>-1</sup> mientras que en el MC tenemos un precio de US\$ 1,290.81 ha<sup>-1</sup>. Por último, tenemos el mangle piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), la cual fue la especie de menores existencias de CO<sub>2</sub>e con (0.84 MgCO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>) y este obtuvo una valoración de US\$ 2.94 y 17.64 ha<sup>-1</sup> para el FBM y el MUEA y unos US\$ 14.28 ha<sup>-1</sup> en el MC.

#### **4.4.2 Valoración económica a nivel de ecosistema**

El manglar a nivel de ecosistema involucra muchos componentes ya antes mencionados, si se les asigna un valor monetario según los distintos mercados de carbono. Dentro del área de estudio se secuestró (2,052 MgCO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>) lo que equivale a un valor con el FBM y MUEA de US\$ 7,182.00 y 43,092.00 ha<sup>-1</sup> y un valor intermedio por el MC de US\$ 34,884.00 ha<sup>-1</sup>.

**CUADRO IX. VALOR MONETARIO (US \$) DEL CARBONO SECUESTRADO POR ESPECIE DE MANGLAR, PUNTA CHAME 2017.**

ESPECIE	ZONA	(MgCO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	VALOR US\$ (ha <sup>-1</sup> )		
			FBM	MC	MUEA
<i>Rhizophora mangle</i>	AREA DE ESTUDIO	93.31	\$ 326.59	\$ 1,586.27	\$ 1,959.51
<i>Laguncularia racemosa</i>	AREA DE ESTUDIO	75.93	\$ 265.76	\$ 1,290.81	\$ 1,594.53
<i>Rhizophora racemosa</i>	AREA DE ESTUDIO	106.66	\$ 373.31	\$ 1,813.22	\$ 2,239.86
<i>Peliciera rhizophorae</i>	AREA DE ESTUDIO	0.84	\$ 2.94	\$ 14.28	\$ 17.64

Nota: (FBM)= Fondos del Banco Mundial, (MC)= Mercado de Chicago , y (MUEA)= Mercado de la Unión Europea

**CUADRO X. VALORACIÓN MONETARIA DEL CARBÓN DESNATURALIZADO.**

ZONA	# HORNOS	VALOR US\$			BENEFICIARIOS
		2 HORNOS/MES	AÑO	TOTAL	
Bahía de Chame	114	\$ 800.00	\$ 9,600.00	\$ 547,200.00	92 FAMILIAS

**4.5 Ciclo Proyecto MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio)**

En el marco del MDL sólo son elegibles proyectos de implantación de bosque en tierras que hayan estado sin bosque desde antes del 31 de Diciembre de 1989. El proyecto tiene que establecer un bosque y una vez llegado a su estado de madurez la vegetación implementada tendrá que tener las características de bosque.

La definición nacional de bosque para el MDL, es establecida por el país anfitrión y reportada a la Junta Ejecutiva del MDL (JE). Los países pueden elegir valores umbrales para definir bosque a partir de los siguientes intervalos:

- Cobertura mínima de copa: 10-30%
- Altura mínima de la vegetación a madurez: 2-5 m
- Área mínima: 0,05-1 hect.

Para el caso de Panamá, bosque se define según el decreto Ley uno del 3 de febrero de 1994 - Legislación Forestal de la República, sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal, como toda formación vegetal leñosa, nativa, con predominio de especies arbóreas, o que por su función y composición, deba considerarse como tal.

**FIG 5. CICLO DE LOS MDL,**



Fuente: Elaboración propia con base a datos disponibles en la Web.

Para llevar a cabo un proyecto se debe definir el tipo de metodología aplicable. Si no existe una metodología que se ajuste deberá proponerse una nueva, la cual ira a revisión por parte de la Junta Ejecutiva (JE), para ver si es posible aplicarla al proyecto (Neff et.al 2007 Citado por Esparza, 2014). La Junta Ejecutiva del MDL es la autoridad regulatoria y punto de contacto en un Proyecto MDL para el registro de los proyectos y la emisión de Certificados de Reducción de Emisiones (CERs por sus siglas en inglés). A continuación, se detallan las fases de un proyecto MDL:

#### Diseño del Proyecto

Una vez elegida la metodología y probada la factibilidad del proyecto, se procede a formular y diseñar el proyecto, tarea que está a cargo del responsable o promotor del proyecto. Este documento debe ser completado y una vez que sea validado remitido a la Junta Ejecutiva del MDL para el registro

#### Aprobación País Anfitrión (AND-DNA)

La Carta de Aprobación Nacional (Letter of Approval, LoA, por sus siglas en inglés) es el documento que materializa la aprobación de un proyecto del Mecanismo de Desarrollo Limpio y es otorgado por la Autoridad Nacional Designada (Designated National Authority DNA, por sus siglas en inglés), la cual actúa como el organismo del País Anfitrión que tiene la responsabilidad de autorizar y aprobar la participación en proyectos del MDL. En Panamá la DNA es el Ministerio De Ambiente.

## Validación

La validación es un proceso de evaluación independiente de la actividad del proyecto, en la que la Entidad Operacional Designada (DOE-EOD, por sus siglas en inglés) actúa como certificadora acreditada ante la JE y su función es constatar que el proyecto se ajusta a los requisitos que establece el MDL y a las decisiones y normas de la Junta Ejecutiva. Para ello analiza y realiza visitas al sitio en donde se desarrollará el proyecto MDL para asegurarse que en su ejecución se habrán de cumplir con los requisitos exigidos y que todo lo especificado se encuentre debidamente sustentado por documentación respaldatoria.

## Registro

Con un resultado de validación positivo, la DOE a instancias del proponente de proyecto, puede hacer la solicitud de registro ante la Junta Ejecutiva del MDL, quien evaluará si se cumplen con los requisitos vigentes.

## Monitoreo

El monitoreo es la vigilancia sistemática del desempeño del proyecto mediante la medición y registro de los indicadores clave del proyecto, en particular los que contribuyen a determinar la reducción de emisiones.

## Verificación y certificación

La verificación está a cargo de la DOE y consiste en la evaluación periódica e independiente de las reducciones de las emisiones de GEI que se hayan producido como resultado de la actividad de Proyecto MDL. Una vez verificado

que la reducción de emisiones se hubiere producido la DOE certifica ante la Junta Ejecutiva esa reducción.

### Emisión de los CERs

Una vez certificada la reducción de emisiones la junta ejecutiva, aprueba que los bonos puedan ser vendidos en el mercado.

Los proyectos MDL además, deben cumplir con los requisitos de adicionalidad y línea base. Se debe demostrar que la reducción o fijación de emisiones de CO<sub>2</sub> es adicional a lo que ocurría en su ausencia. No es adicional cuando en ausencia del pago por fijación de CO<sub>2</sub>, el establecimiento del bosque ocurre de todos modos, por esto para comercializar CERs de proyectos forestales se deberá probar que las condiciones económicas, políticas y regulatorias en las que se ejecuta la fijación de CO<sub>2</sub> con el proyecto es mayor que en el escenario

sin el proyecto (línea base). Es decir, que no basta con tener un stock de carbono para obtener CER, sino que se requiere realizar un cambio en el uso del suelo que permita incrementar los niveles de carbono con relación al escenario base. En cuanto a la permanencia en proyectos MDL forestales, no hay un acuerdo que indique cuantos años debe mantenerse el bosque para considerar la fijación de carbono permanente. Hay instituciones que en el proceso de validación y certificación de proyectos de reducción de GEI consideran que fijar en el bosque

una tonelada de carbono por un tiempo de 100 años compensa la emisión de una tonelada de carbono en el sector energético y es permanente. Sin embargo, otros opinan que mantener una tonelada de carbono por un tiempo de 46 a 55 años compensa una tonelada emitida en el sector energético, y a eso corresponde una fijación permanente. Para proyectos de corta duración se debe evaluar el costo de fijar una tonelada de CO<sub>2</sub> por un tiempo limitado y emitirlo nuevamente a la atmósfera. El valor de esta fijación se justifica porque permite prorrogar los daños que causa el calentamiento global y permite ganar tiempo hasta que se desarrollen nuevas tecnologías en los sectores energéticos, de transporte e industrial, que reduzcan las emisiones de GEI a bajo costo. Adicionalmente se debe evaluar los beneficios ambientales y su compatibilidad con los objetivos del desarrollo social y ambiental del país en ejecución (FAO a, 2006).

#### 4.6 Ciclo de los MVC (Mercado Voluntario De Carbono)

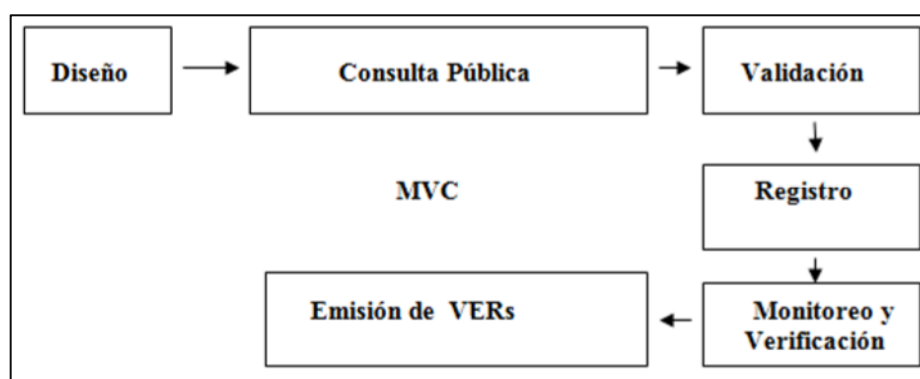


FIG 6. CICLO DE LOS MVC

## **Diseño de Proyecto**

El Documento de Diseño de Proyecto es el paso inicial para el desarrollo de un proyecto voluntario. Una vez elegida la metodología y probada la factibilidad del proyecto, se procede a formular y diseñar el proyecto, tarea que está a cargo del responsable o promotor del proyecto. Este paso es independiente del tipo de estándar a seguir.

## **Consulta Pública**

Salvo escasas excepciones, los estándares voluntarios de carbono establecen como requisito realizar un proceso de consulta pública para asegurarse que los proyectos no ocasionen impactos adversos en el medio ambiente y/o en las comunidades locales.

## **Validación**

La validación es un proceso de evaluación independiente de la actividad de proyecto, en la que un auditor externo visita el sitio para asegurarse que todo lo especificado en el Documento de Diseño de Proyecto (PDD, por sus siglas en inglés) cumple con todos los requisitos. En el caso particular de VCS los proponentes del proyecto deben contratar una entidad de validación y verificación. Dicha entidad de validación debe estar acreditada por una organización miembro de la Accreditation Forum o aprobado por programas de GEI, tales como el MDL.

## **Registro de Proyecto**

Una vez validado el proyecto, el proponente del mismo puede hacer la solicitud de registro ante el estándar seleccionado.

## **Monitoreo y Verificación**

El monitoreo es la vigilancia sistemática del desempeño del proyecto mediante la medición y registro de indicadores clave. La verificación es la evaluación periódica e independiente de las reducciones de las emisiones de GEI que se hayan producido como resultado de la actividad del proyecto. En el caso de VCS los proponentes del proyecto monitorean y registran datos de la reducción de emisiones y las presentan en un reporte de monitoreo para luego contratar un auditor externo, el cual debe estar acreditado por una organización miembro de la Accreditation Forum o aprobado por programas de GEI, tales como el MDL para que verifique las emisiones.

## **Emisión de VERs**

El reporte de verificación y/o el certificado de reducción de emisiones son enviados al registro del estándar, donde los créditos son emitidos a favor del proyecto y transferidos a la cuenta del proponente de proyecto. La comercialización implica vender los créditos de carbono directamente a una compañía o individuo que desea voluntariamente neutralizar sus emisiones o bien a un broker (operador financiero) que realiza transacciones con diversos compradores.

#### 4.7 Diferencias entre los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y el mercado voluntario de carbono (MVC)

Algunas de las principales diferencias entre los mercados son:

FIG 7. . DIFERENCIAS ENTRE LOS MDL Y LOS MVC.



Nota : (MDL)= Mecanismo de desarrollo limpio o mercado regulado de carbono y (MVC)= Mercado voluntario de carbono

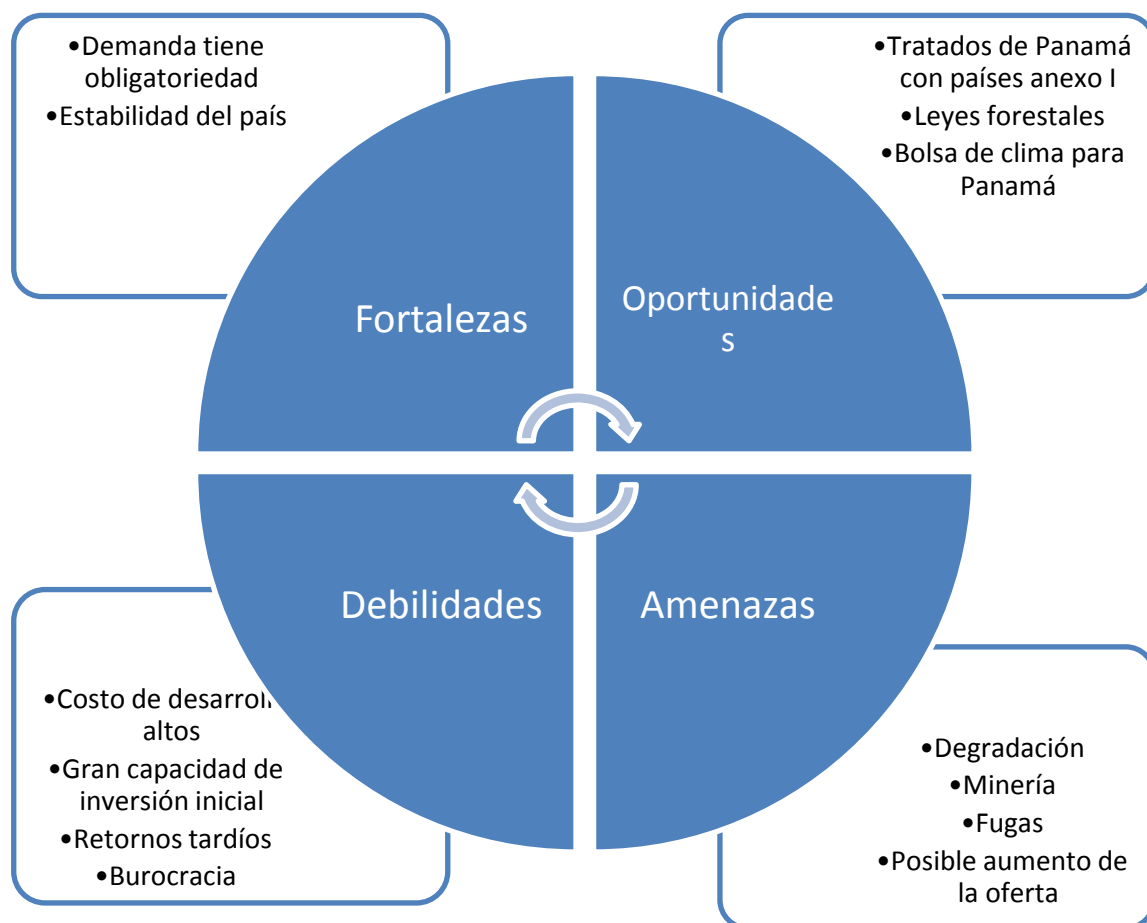
El mercado regulado de emisiones al igual que el no regulado realiza transacciones basadas en proyectos, en este caso se transan las reducciones de emisiones cuantificadas de un proyecto registrado y verificado bajo las reglas del IPCC y el Comercio de Derechos de Emisión este por su parte está basado en la fijación de límites máximos de emisión permitida, la creación y asignación de permisos de emisión transables. El mercado voluntario en tanto es una alternativa dirigida a compradores voluntarios, cuyas necesidades o intereses son distintos a los compradores del mercado regulado, por ejemplo; imagen corporativa, responsabilidad social, individuales, planificación para sistemas de compromisos futuros. A diferencia del MDL, no se solicita la aprobación nacional del país anfitrión y el proceso de validación y verificación es dependiente del estándar usado, en general más simple. Por este motivo, los costos de desarrollo de un proyecto voluntario son inferiores a los costos de desarrollar un proyecto MDL, pues el ciclo de proyecto, en la mayoría de los casos, no varía significativamente (Greenhill, 2013, Citado por Esparza, 2014).

#### **4.8 Análisis FODA de la situación forestal actual en Panamá tanto para MDL y MVC**

Para el análisis FODA se considera:

- Análisis interno: Fortalezas y Debilidades
- Análisis Externo: Oportunidades y Amenazas

- Potencialidades: Fortalezas y Oportunidades
- Riesgos: Fortalezas y Amenazas
- Limitaciones: Debilidades y Amenazas



**FIG 8. FODA DE LOS MDL**

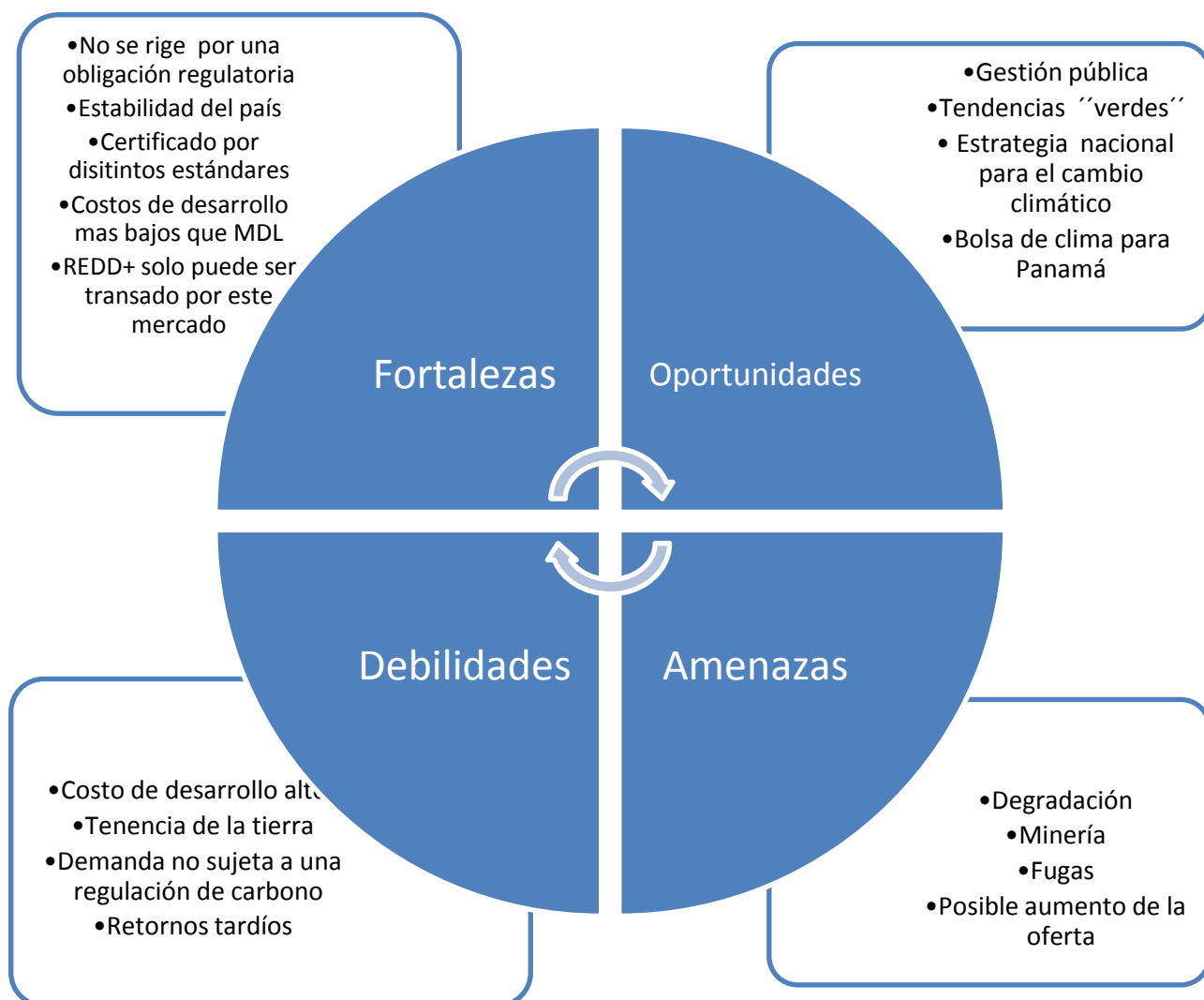
-Fortalezas MDL: Los países que demandan este tipo de bonos tienen obligatoriedad de cumplir con metas lo que es una potencialidad para la producción de estos bonos, pero también puede transformarse en un riesgo, ya que al haber una producción masiva de bonos y la misma demanda, se pensaría que los precios tendieran a la baja. Por otra parte la estabilidad macroeconómica y la institucionalidad sólida de Panamá, es una fortaleza que hace que sea uno de los países en desarrollo con un futuro prometedor en este mercado por inversionistas extranjeros y les entrega confianza para invertir en proyectos.

- Oportunidades MDL: Panamá posee tratados con países pertenecientes al anexo I y demandante de este tipo de bonos lo que nos desafía a producir bonos y ofrecer a esos países. Panamá además posee leyes forestales que apoyan al manejo y forestación. Se impulsaría a Panamá a una tendencia ambiental e incentivando a crear una bolsa climática para nuestro países.

-Debilidades MDL: se requiere una gran capacidad de inversión inicial y los retornos son tardíos y muchas veces las tasas son bajas lo que lo convierte en una limitación para su entrada principalmente a pequeños propietarios. Además

se debe considerar la burocracia en las etapas del desarrollo, lo que implica un aumento en los costos.

- Amenazas MDL: La minería es planteado como una amenaza, debido a que es una actividad con mucho interés para gobiernos extranjeros, la misma es demandante de terrenos y suministro hídrico necesarios para establecer un bosque, lo que lo convierte en una barrera para el establecimiento de vegetación. Otro factor de amenaza es la degradación de los bosques producida principalmente por cortas ilegales. En el caso de las fugas se presentan como una amenaza, ya que la aptitud de un ecosistema de actuar como sumidero, a la vez que puede convertirse en un agente emisor de GEI cuando se le perturba como por ejemplo los incendios, o cuando se regresan suelos forestales nuevamente a suelos de pastoreo, liberando de nuevo el carbono a la atmósfera y revirtiendo el beneficio climático inicialmente obtenido (Brown, 1997, Citado por Esparza, 2014). Por otra parte, una tendencia de aumento a la oferta de bonos amenazaría una baja de los valores de las transacciones de los bonos en el mercado.



**FIG 9. FODA DE LOS MVC**

Fortalezas MVC: Debido a que es un mercado no regulado y no requiere aprobación del país anfitrión el trámite es menos tedioso y por ende los costos de desarrollo son más bajos. Sumado a que puede ser certificado por distintos estándares que aseguran la calidad de los bonos, en cuanto a criterios de línea base y adicionalidad. Por otra parte la estabilidad macroeconómica y la institucionalidad sólida de Panamá, es una fortaleza que hace que sea uno de los países en desarrollo mejor evaluados por inversionistas extranjeros y les entrega confianza para invertir en proyectos. Y por último los proyectos REDD+ sólo puede ser transado en este mercado, lo que es un “plus” y una oportunidad para la formulación de este tipo de proyectos.

- Oportunidades MVC: La gestión pública mediante la ENCCRIV simplificará los procesos por ende será un desafío o más bien una oportunidad para generar bonos en este mercado, esto sumado a la tendencia mundial a lo “verde” que hace que empresas quieren comprar bonos en estos mercados. Por último, Panamá puede crear una bolsa climática al igual que en Chile que cuenta con la primera bolsa climática de Sudamérica (Bolsa de Clima de Santiago o SCX), lo que es una oportunidad que potencia a estos mercados, el objetivo de la bolsa es crear y desarrollar una industria de las emisiones de GEI a nivel nacional. Esta bolsa permite que cualquier persona natural, grande, pequeña o mediana empresa interesada en realizar proyectos de reducción o captura de CO<sub>2</sub> pueda generar bonos de carbono y posicionarlos en el mercado internacional. Esta Bolsa transparenta la oferta, demanda, transacción y precio de la tonelada de CO<sub>2</sub>e, facilitando las transacciones de las reducciones de GEI. Además, sólo trabaja con

las normas mundiales más reconocidas (VCS, GS, MDL), entregando confianza y credibilidad a sus clientes de que los proyectos cumplen con los criterios necesarios (adicionalidad, cuantificación precisa, propiedad única, permanencia y sustentabilidad).

-Debilidades MVC: La tenencia de la tierra es un gran conflicto al pensar en desarrollar proyectos como Estrategia Nacional de Cambio Climático, debido a la falta de seriedad en los títulos de propiedad. Al igual que en los MDL se requiere una gran capacidad de inversión inicial y los retornos son tardíos y muchas veces las tasas son bajas lo que lo convierte en una limitación para su entrada principalmente a pequeños propietarios. Además, como el mercado demandante no cumple con metas como el regulado esto da a pensar que la demanda en algunos momentos se puede tornar inestable.

- Amenazas MVC: Las amenazas del MVC son las mismas que para el MDL. La minería como actividad altamente emisora de GEI, la misma utiliza suministros de agua y territorio que pudiesen ser utilizados para establecimientos de vegetación. Otro factor de amenaza es la degradación de los bosques producida principalmente por cortas ilegales. En el caso de las fugas se presentan como una amenaza, ya que la aptitud de un ecosistema de actuar como sumidero, a la vez que puede convertirse en un agente emisor de GEI cuando se le perturba como por ej. incendios o cuando se regresan suelos forestales nuevamente a suelos de pastoreo, liberando de nuevo el carbono a la atmósfera y revirtiendo el beneficio climático inicialmente obtenido (Brown, 1997, Citado por Esparza, 2014). Por una

tendencia en el aumento de oferentes de bonos de carbono, haría que los precios de venta disminuyeran.

#### **4.9 Análisis comparado de FODA: MDL Y MVC**

-Fortalezas: A ambos mercados le beneficia la estabilidad macroeconómica y la institucionalidad sólida de Panamá lo que hace que sea uno de los países en desarrollo mejor evaluados por inversionistas extranjeros y les entrega confianza para invertir en proyectos. Pero hay una fortaleza que los diferencia el MDL al estar regulado y tener obligatoriedad para los países demandantes o estar institucionalizada da a pensar que tiene una demanda asegurada, en tanto el MVC al no estar regulado y no requerir aprobación del país anfitrión el trámite es menos tedioso y por ende los costos de desarrollo son más bajos que el caso del MDL. Otra fortaleza de los MVC y que lo convierte en una ventaja comparativa son los proyectos REDD+ que sólo pueden ser transados en este mercado.

- Oportunidades: En ambos casos existe la oportunidad de generar un negocio extra ligado a las leyes de fomento forestales del país y la idea de la Bolsa de Clima de Panamá al igual que Chile lo que es una oportunidad que potencia a estos mercados Pero hay una oportunidad que da ventaja a las MVC mediante la ENCCRIV que simplificará los procesos y los costos en comparación con MDL.

-Debilidades: para ambos mercados se requiere una gran capacidad de inversión inicial y los retornos son tardíos lo que lo convierte en una limitación para su entrada principalmente a pequeños propietarios. Además, se debe considerar la

burocracia en las etapas del desarrollo, lo que implica un aumento en los costos, aunque MVC al no ser regulado es menos burocrático. En estos proyectos es un problema la tenencia de la tierra. Es un gran conflicto al pensar en desarrollar proyectos como Estrategia Nacional de Cambio Climático, debido a la falta de seriedad en los títulos de propiedad.

- Amenazas MDL: Las amenazas del MVC son las mismas que para el MDL. La minería es planteada como una amenaza, debido a que es una actividad altamente emisora de GEI en cualquier país y es demandante de terrenos y suministro hídrico necesarios para establecer un bosque, otro factor de amenaza es la degradación de los bosques producida principalmente por cortas ilegales y las fugas originadas de perturbaciones a los bosques. Por otra parte, una tendencia de aumento a la oferta de bonos amenazaría una baja de los valores de las transacciones de los bonos en el mercado.

#### **4.10 Mercado de carbono previsto para Panamá**

La inclusión de Panamá en un mercado de carbono es algo que no se encuentra tan distante ya que Panamá tienen un alto potencial para introducirse en uno de estos. La duda yace en cual mercado incluirse ya que estos mercados tienen sus diferencias notables ya antes descritas. Panamá es un país pequeño en donde se genera una cantidad minúscula en comparación a otros países de Latinoamérica. Pero el objetivo que se debe trazar para nuestro país es el contribuir a una causa

mundial para combatir, reducir, y mitigar los gases de efecto invernadero. El mercado regulado o (MDL) le ayudaría a Panamá a contribuir con los esfuerzos globales trazados desde el conocido Protocolo de Kioto hasta el actual Acuerdo De París que tiene como objetivo el establecer un régimen de gobernanza climática internacional de largo plazo con la meta de acabar con la era de los combustibles fósiles y así reducir los efectos del cambio climático.

El Acuerdo De París, que es muy exigente en sus objetivos de largo plazo, tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, al mejorar la aplicación de la Convención, incluido el logro de su objetivo, y para lograrlo:

- Fija una meta global de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero estableciendo el objetivo de mantener el aumento de la temperatura global “muy por debajo” de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C .
- Establece como objetivo aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima.
- Prevé elevar las corrientes financieras a un nivel que sea compatible con las necesidades que resultan de la adopción de una trayectoria que conduzca a senderos de desarrollo más bajos en emisiones y resilientes al clima.

En segunda instancia se tiene a Panamá con miras al mercado voluntario de carbono (MVC), estos son menos tediosos de tramitar ya que no es un mercado regulado por los acuerdos internacionales antes mencionados, por lo tanto no se necesita aprobación del país anfitrión y por ende los costos de desarrollo son más bajos que el caso del MDL y estos no son contabilizados como esfuerzos de reducción a nivel internacional. Sin embargo, en los MVC si se pueden comercializar los proyectos REDD+ de los cuales se están realizando estudios actuales por el ministerio de ambiente (MIAMBIENTE) a nivel nacional.

Se muestran los totales de emisiones de gases de efecto invernadero incluyendo y excluyendo el cambio de uso de suelo y silvicultura en dos países centroamericanos, uno de Suramérica, un país del continente europeo y uno del continente asiático y se observarán las diferencias con los países que no comercializan bonos de carbono con los que si lo hacen. (Ver CUADRO XI)

**CUADRO XI. TOTAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO (GEI) EN PANAMÁ Y OTROS PAISES.**

PAÍS	AÑO	TOTAL GEI EXCLUYENDO AFOLU (MtCO <sub>2</sub> e)	TOTAL GEI INCLUYENDO AFOLU (MtCO <sub>2</sub> e)
Chile	2014	97.15	-7.79
China	2014	11911.71	11600.63
Costa Rica	2014	13.90	2.53
Germany	2014	854.01	816.64
Panama	2014	17.76	26.31
NOTE : 1 Mt = 1,000,000 metric tons			
AFOLU= Agricultura, silvicultura, y cambio de uso de suelo			

FUENTE: CAIT Climate Data Explorer. 2015. Washington, DC: World Resources Institute.

#### **4.11 Estrategia para conservar los manglares de la Bahía De Chame**

Una estrategia viable para la problemática que se vive en estos manglares, es el designar un área para establecer una plantación forestal con una especie como el eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) ya que de acuerdo con el estudio realizado en el Chirú, Antón, Coclé en la República De Panamá se analizaron los beneficios económicos de la producción de carbón de la especie antes mencionada en hornillas. Esta tiene un alto potencial para la producción de carbón desnaturalizado o vegetal bajas en emisiones y con beneficios mayores que la producción de carbón con mangle y en hornos de tierra convencionales. Implementando esta estrategia se obtendrá un margen de ganancia de (\$ 5.89) ya que el saco de 35 lbs de carbón de mangle tiene un valor de (\$1.09 ) mientras que el carbón de eucalipto en un saco del mismo peso tiene un valor de (\$6.93) lo que la hace una estrategia rentable, basado en el Ingreso neto/Ha (US\$ 143,918.90). Se demuestra que la producción de carbón de eucalipto generan beneficios económicos significativos por hectárea , en relación a los costos de establecimiento de la plantación de eucalipto (Moreno,2016).

De esta manera, se erradicaría a la extracción de madera de especies nativas del manglar para la actividad antes mencionada. Por consiguiente se debe crear conciencia social acerca de la importancia de estos ecosistemas tan vulnerables, luego se deben realizar proyectos de reforestación del manglar de manera conjunta en donde todos los dependientes de los recursos del manglar participen,

y poco a poco mitigar los daños ocasionados al manglar. Al vincularse Panamá con otros países en una comercialización de bonos de carbono, el país comprador implementará nuevas tecnologías que ayudarán a reducir las emisiones de manera progresiva según el tipo de actividad realizada en la zona y su debido sector de producción. Los proyectos apoyan el desarrollo sostenible en el país en el que se ejecutan a medida que se lanza un proyecto nuevo o adicional, lo que contribuye a ralentizar el calentamiento global. Con el proyecto se transfiere nueva tecnología al país en el que se realiza, se hacen inversiones, se crean puestos de trabajo adicionales y se reducen los impactos medioambientales.

## 5 CONCLUSIONES

- Se estimó el carbono almacenado en el sitio de estudio que es de (559.13 MgC ha<sup>-1</sup>), lo que genera una línea base para realizar un análisis de viabilidad o factibilidad en donde se estimó una valoración económica a nivel de ecosistema que es de carácter representativo solamente.
- Panamá tiene un gran potencial para la venta de bono de carbono en el mercado que desee elegir ya que los manglares son ecosistemas vulnerables y muy susceptibles a los cambios de uso de tierra, lo que da sustento a la hipótesis de investigación.
- El carbono promedio almacenado en la zona de estudio fue de (559.13 MgC ha<sup>-1</sup>).
- La venta de bonos de carbono en Panamá es una estrategia rentable a largo plazo la cual repercutiría directamente en la economía panameña por ende nos ayudaría ya que somos un país en vía de desarrollo.

## 6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda replicar este tipo de estudio en otros ecosistemas de manglar a nivel nacional, con una muestra más representativa para así obtener datos con mayor confiabilidad.
- Considerar análisis biométricos cuando se realicen otras investigaciones para comparar las diferencias entre los diversos ecosistemas de manglar a nivel nacional.
- Incentivar el desarrollo de investigaciones en los manglares panameños para dar a conocer la importancia de la preservación de estos ecosistemas.
- Realizar investigaciones acerca de los beneficios socioeconómicos que presta este ecosistema y compararlos con los beneficios de las actividades que causan efectos negativos a los manglares de la Bahía de Chame.
- Se recomienda realizar esfuerzos gubernamentales para incluir los bonos de carbono como estrategia para la conservación de ecosistemas vulnerables a nivel nacional.
- Para un análisis de rentabilidad económica más exacto se recomienda establecer parcelas permanentes para así obtener los datos históricos para una venta potencial de bonos de carbono.
- Se recomienda a la autoridad competente designar zonas para el establecimiento de plantaciones de otra especie forestal como el eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) que genera más ganancias que el carbón de mangle y así sustituyendo la extracción de recursos maderables del

manglar, mientras se establece dicha plantación la comunidad conjuntamente participará de un proyecto de reforestación del manglar.

- El gobierno debe implementar reglamentaciones y una base legal para que la venta de bonos de carbono sea operativo.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente, PA). 2010. Atlas Ambiental de la República de Panamá. Panamá: Editora Novo Art. 190 p.

ANAM-ARAP (Autoridad Nacional del Ambiente y Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá). 2013. Manglares de Panamá: importancia, mejores prácticas y regulaciones vigentes. Panamá: Editora Novo Art, S.A., pp.

AVERSANO, N. y TEMPERINI, T. 2006. El calentamiento global: bonos de carbono, una alternativa (en línea). Disponible en: [http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/bonos\\_de\\_carbono](http://www.ingenieriaquimica.org/articulos/bonos_de_carbono). Consultado: 29 may 2017.

BIOMARCC-SINAC-GIZ. 2012. Evaluación de carbono en el Humedal Nacional Terraba-Sierpe. San José-Costa Rica. 26 pags.( en línea). Disponible en : [http://www.biomarcc.org/editorial\\_detalle.php?reg=2&cat=12&id=139](http://www.biomarcc.org/editorial_detalle.php?reg=2&cat=12&id=139) . Consultado : 29 de may 2017

CAIT Climate Data Explorer. 2015. Washington, DC: World Resources Institute. Disponible en línea : <http://cait.wri.org>.

CIFUENTES-JARA, M., BRENES, C., ANROW, M., y TORRES, D. 2014. Dinámica de uso de la tierra y potencial de mitigación de los manglares del Golfo de Nicoya. Costa Rica: Conservación Internacional, Svenka Postkod Lotteriet, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 44 p.

CONFOREC. 2007. Plan de manejo de los manglares de la Bahía de Chame, Panamá, PA. 171p.

DE LA PEÑA, A., ROJAS, C.A y DE LA PEÑA, M. 2010. Valoración económica del manglar por el almacenamiento de carbono, Ciénega Grande de Santa Marta. Clío América 4 (7): 133-150

DE VOS, B; S LETTENS; B MUYS & JA DECKERS. 2007. Walkley-Black analysis of forest soil organic carbon: recovery, limitations and uncertainty. Soil Use and Management 23: 221-229.

ESPARZA FLORES, I.A. 2014. Análisis sistemático del mercado del carbono en el sector forestal en Chile: comparación entre MDL y MVC. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, CL. Universidad Austral de Chile. x . 51p

FAO a. 2006. Estrategias y mecanismos financieros para la conservación y el uso sostenible de los bosques, Venezuela. Venezuela. 18 p

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013. FAOSTAT. Roma, Italia: FAO. Disponible en: [http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/G2/\\*E](http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/G2/*E) .

FINANZAS DE CARBONO. Año. 2017. Plataforma sobre financiamiento climático para Latino América y El Caribe. (en línea). Consultado 1 Noviembre, 2017. Disponible en línea: <http://finanzascarbono.org/>

FORSYTHE, W. 1974. Física del suelo. Turrialba, CR: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Organización de Estados Americanos (IICA). 212 p.

HOWARD, J., HOYT, S., ISENSEE, K., PIDGEON, E., TELSZEWSKI, M. (EDS). 2014. Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.

IPCC. 2005. Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner (eds). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza.

KAUFFMAN, J. B., DONATO, D. y ADAME, M. F. 2013. Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR). 48 p.

LOBOS, G., VALLEJOS, O., CAROCA, C., y MARCHANT, C. 2005. El mercado de los bonos de carbono (“bonos verdes”): una revisión. Revista Interamericana de Ambiente y Turismo 1(1):42-52.

MORENO DELGADO, V.M. 2016. Beneficios económicos de la producción de carbón de eucalipto ( *Eucalyptus camaldulensis*), El Chirú, Antón. Tesis Ing. Manejo de Cuencas y Ambiente. Chiriquí, PA. Universidad de Panamá. x. 58p

MURDIYARSO, D. et.al. 2009. Carbon storage in mangrove and peatland ecosystems: A preliminary account from plots in Indonesia. Center for International Forestry Research Center for International Forestry Research CIFOR. Bogor Barat, Indonesia. 37p.

NASDAQ. 2017. Nasdaq Commodities: carbon CER (en línea). Disponible en: <http://www.nasdaqomx.com/commodities>. Consultado: 29 may 2017.

ORTIZ, E. Y CARRERA, F. 2002. Muestreo en inventarios forestales. En: Orozco, L., Brumér, C. (Eds.). Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Turrialba, CR: CATIE. pp.98-117.

PNUD. 2017. Propuesta de protocolo para medición de carbono en ecosistemas de manglar en Panamá. Serie técnica No. 2. República de Panamá. 36p.

PRODAN, M. 1997. Mensura Forestal. San José, CR, GTZ; IICA. 586 p.

TOSI, J. (Ed.). 1971. Inventariación y demostraciones forestales, Panamá: Zonas de vida, basado en la labor de Roma, IT, FAO. 89 p. (FO: SF/PAN 6, informe técnico 2).

WETLANDS INTERNATIONAL. 2013. Los manglares y su vulnerabilidad (en línea). Disponible en:

<http://lac.wetlands.org/LinkClick.aspx?fileticket=631TQPlzAYw%3D&tabid=3034&mid=13848>. Consultado: 20 de mayo del 2017

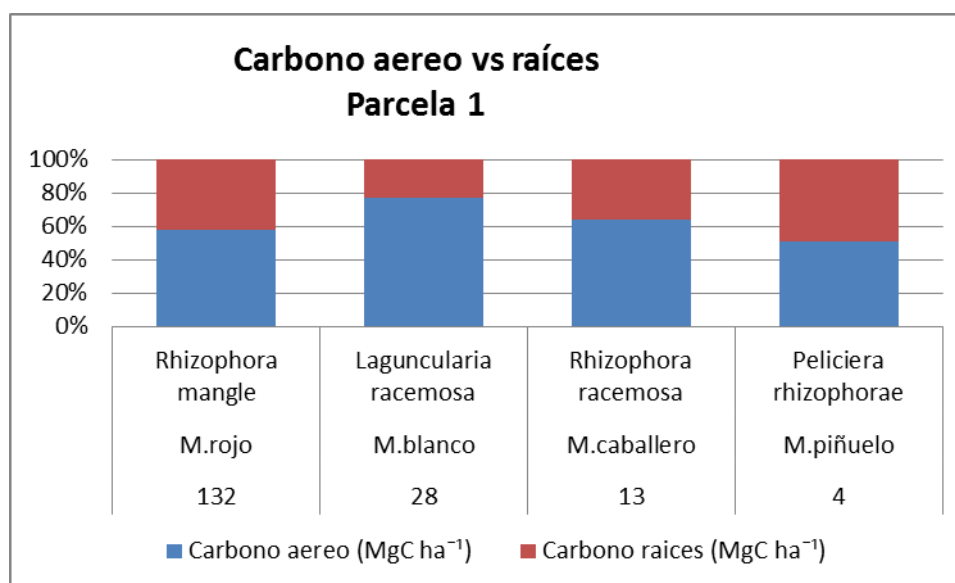
WETLANDS INTERNATIONAL. 2014. Los manglares y el cambio climático (en línea). Disponible en: [www.lac.wetlands.org](http://www.lac.wetlands.org). Consultado: 15 mayo del 2017.

## 8 ANEXOS

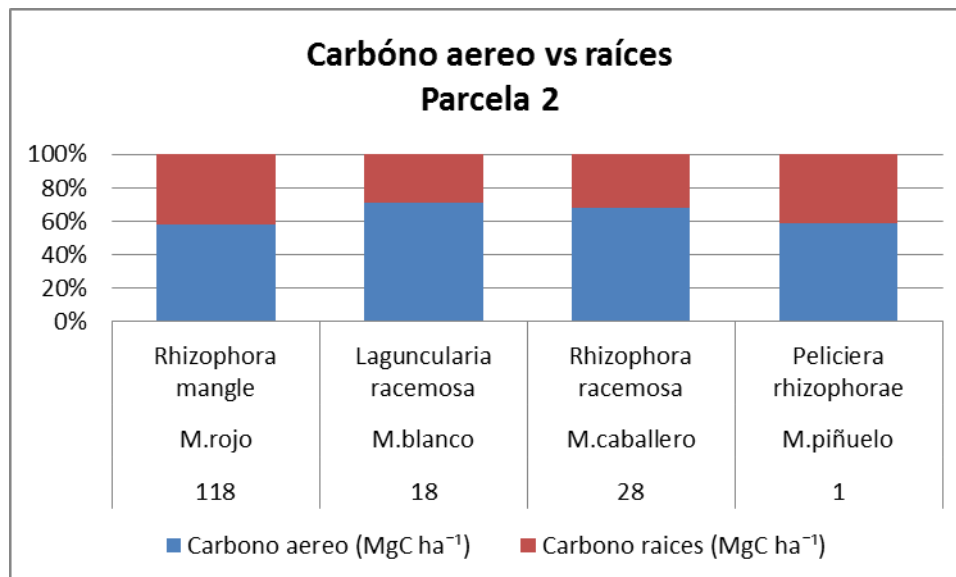
ANEXO I. DENSIDAD APARENTE POR ESTRATO POR PARCELA ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), PUNTA CHAME 2017.

	Densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )			
Parcela 1	0-15 cm	15-30 cm	30-50 cm	50-100 cm
	0.40	0.46	0.44	0.40
	0.36	0.51	0.46	0.34
	0.38	0.61	0.49	0.63
	0.33	0.52	0.30	0.51
	0.36	0.50	0.46	0.53
	0.37	0.52	0.43	0.48
Parcela 2	Densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )			
	0-15 cm	15-30 cm	30-50 cm	50-100 cm
	0.35	0.55	0.54	0.57
	0.48	0.48	0.41	0.45
	0.57	0.60	0.57	0.52
	0.37	0.57	0.56	0.61
	0.41	0.56	0.50	0.37
	0.44	0.55	0.52	0.50

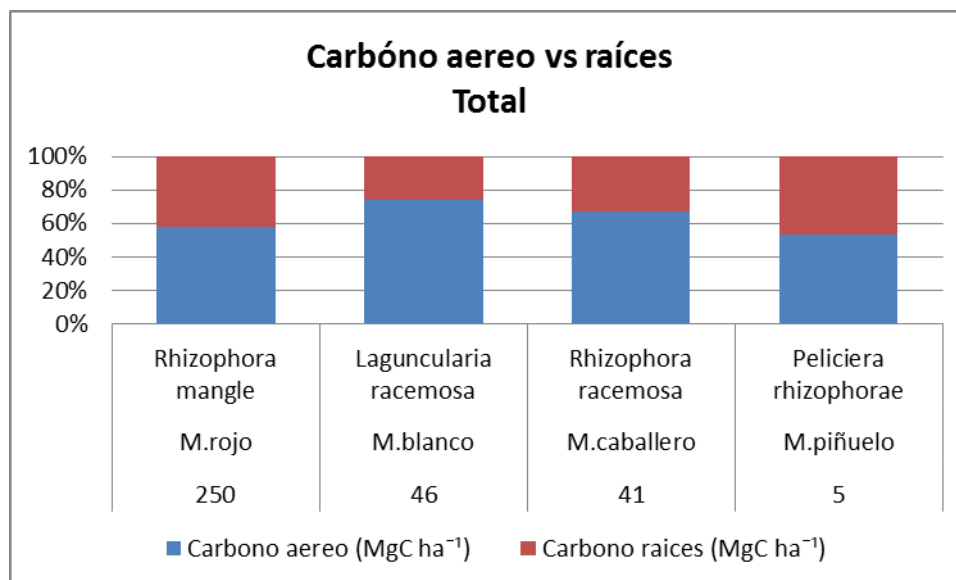
## ANEXO II. GRÁFICA PORCENTUAL DE CARBONO AEREO VS CARBONO EN RAÍCES, PUNTA CHAME 2017



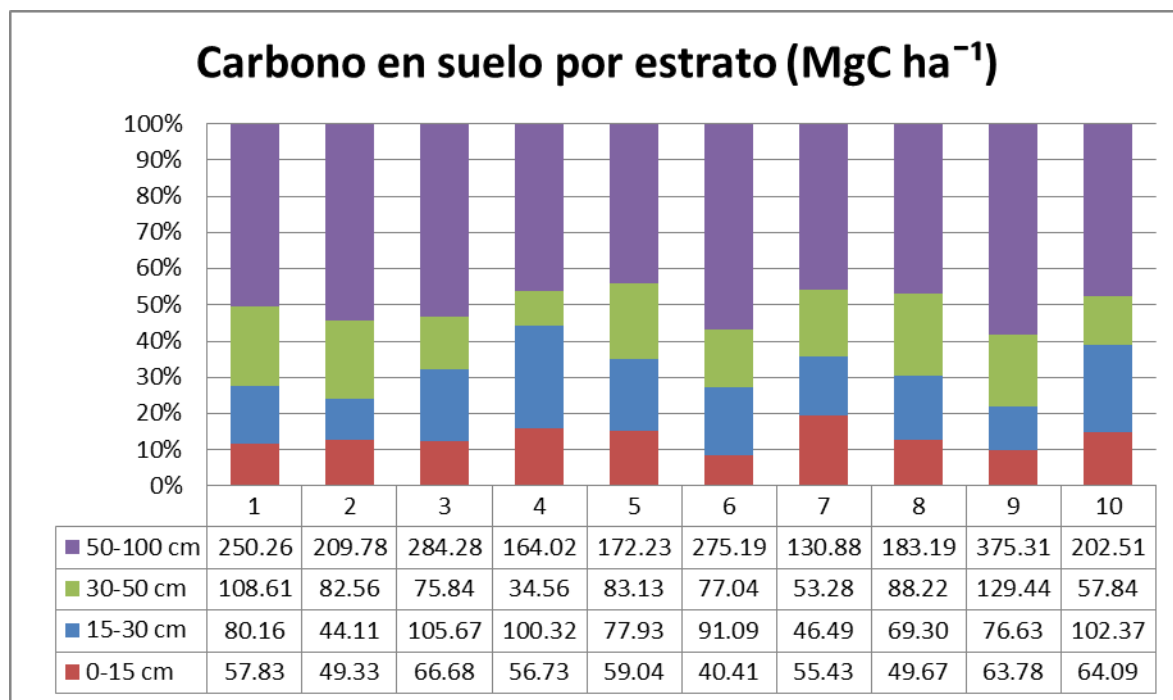
### ANEXO III. GRÁFICA PORCENTUAL DE CARBONO AEREO VS CARBONO EN RAÍCES, PUNTA CHAME 2017



### ANEXO IV. GRÁFICA PORCENTUAL DE CARBONO AEREO VS CARBONO EN RAÍCES, PUNTA CHAME 2017.



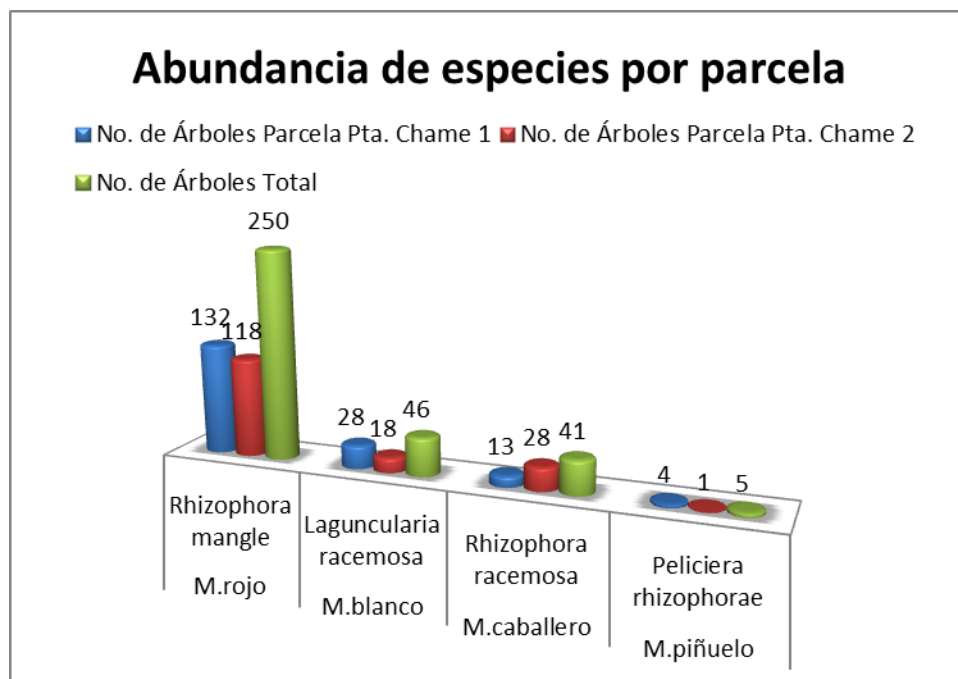
**ANEXO V. GRÁFICA PORCENTUAL DE CARBONO EN SUELO POR ESTRATO (MgC ha<sup>-1</sup>), PUNTA CHAME 2017**



**ANEXO VI. ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PARCELA, PUNTA CHAME 2017.**

N. Común	Abundancia de especies por parcela				No. de Árboles Parcela Pta. Chame 2	Abundancia relativa(%)	No. de Árboles Total	Abundancia relativa(%)
	Especie	No. de Árboles Parcela Pta. Chame 1	Abundancia relativa(%)	Abundancia relativa(%)				
<b>M.rojo</b>	<i>Rhizophora mangle</i>	132	74.6%	118	71.5%	250	73.1%	
<b>M.blanco</b>	<i>Laguncularia racemosa</i>	28	15.8%	18	10.9%	46	13.5%	
<b>M.caballero</b>	<i>Rhizophora racemosa</i>	13	7.3%	28	17.0%	41	12.0%	
<b>M.piñuelo</b>	<i>Peliciera rhizophorae</i>	4	2.3%	1	1%	5	1.5%	
	TOTALES	177	100.0%	165	100.0%	342	100.0%	

## ANEXO VII. GRÁFICO DE ABUNDANCIA DE ESPECIES POR PARCELA, PUNTA CHAME 2017.



## ANEXO VIII. CARBONO AEREO VS CARBONO EN RAÍCES POR ESPECIE POR PARCELA, PUNTA CHAME 2017

N° Parcela: Pta.Chame1				Fecha: 31 de Agosto del 2017			
Parcela	No. de Árboles	N. Común	N. Científico	CARBONO (MgC)	Carbono (Raíces)(MgC)	Carbono aereo (MgC ha <sup>-1</sup> )	Carbono raices (MgC ha <sup>-1</sup> )
1	132	M.rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	2.14	1.55	27.79	20.13
	28	M.blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	1.7	0.51	22.08	6.62
	13	M.caballero	<i>Rhizophora racemosa</i>	1.3	0.70	16.23	9.09
	4	M.piñuelo	<i>Peliciera rhizophorae</i>	0.025	0.024	0.32	0.31
			SUMATORIA	5.12	2.78	66.43	36.16
			MEDIA	1.28	0.70	16.61	9.04
2	118	M.rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	1.78	1.30	23.12	16.88
	18	M.blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	1.5	0.61	19.35	7.92
	28	M.caballero	<i>Rhizophora racemosa</i>	3.2	1.51	41.95	19.61
	1	M.piñuelo	<i>Peliciera rhizophorae</i>	0.010	0.007	0.13	0.09
			Sumatoria	6.51	3.43	84.55	44.51
			MEDIA	1.63	0.86	21.14	11.13
TOTALES	250	M.rojo	<i>Rhizophora mangle</i>	3.92	2.85	25.45	18.51
	46	M.blanco	<i>Laguncularia racemosa</i>	3.2	1.12	20.71	7.27
	41	M.caballero	<i>Rhizophora racemosa</i>	4.5	2.21	29.09	14.35
	5	M.piñuelo	<i>Peliciera rhizophorae</i>	0.04	0.03	0.23	0.20
suma	342		Sumatoria	11.63	6.21	75.49	40.33
			MEDIA	2.91	1.55	18.87	10.08

**ANEXO IX. CARBONO A NIVEL DE ECOSISTEMA Y DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE, PUNTA CHAME 2017.**

UBICACIÓN	AREA (ha)	CARBONO (MgC ha <sup>-1</sup> )	CARBONO TOTAL (MgC ha <sup>-1</sup> )	CARBONO TOTAL (MgCO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )
PUNTA CHAME 1	0.077	538.53		152.18
PUNTA CHAME 2	0.077	579.73		163.83
AREA DE ESTUDIO	0.15	559.13		2052.00
PUNTA CHAME	727.84	559.13	406957.2	1493532.85
BAHIA DE CHAME	5957.6	559.13	3331072.89	12225037.5

**ANEXO X. VALORACIÓN ESTIMADA A NIVEL DE ECOSISTEMA SEGUN TRES DIFERENTES MERCADOS DE CARBONO, PUNTA CHAME 2017.**

ZONA	(MgCO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> )	VALOR US\$ (ha <sup>-1</sup> )		
		FBM	MC	MUEA
AREA DE ESTUDIO	2052	\$ 7,182.00	\$ 34,884.00	\$ 43,092.00
PUNTA CHAME	1493532.8	\$ 5,227,364.97	\$ 25,390,058.41	\$ 31,364,189.80
BAHÍA DE CHAME	12225037.5	\$ 42,787,631.25	\$ 207,825,637.48	\$ 256,725,787.48

**ANEXO XI. MEDICIÓN DE VARIABLES DASOMÉTRICAS, PUNTA CHAME  
2017**



**ANEXO XII. BARRENO INTRODUCIDO EN EL SUELO, PUNTA CHAME 2017**



**ANEXO XIII. BARRENO MUESTREADOR DE SUELO DE MANGLAR, PUNTA CHAME 2017.**



**ANEXO XIV. SEGMENTACIÓN Y MEDICIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO  
POR ESTRATOS, PUNTA CHAME 2017.**



**ANEXO XV. EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA DE DENSIDAD APARENTE Y  
MATERIA ORGÁNICA, PUNTA CHAME 2017**



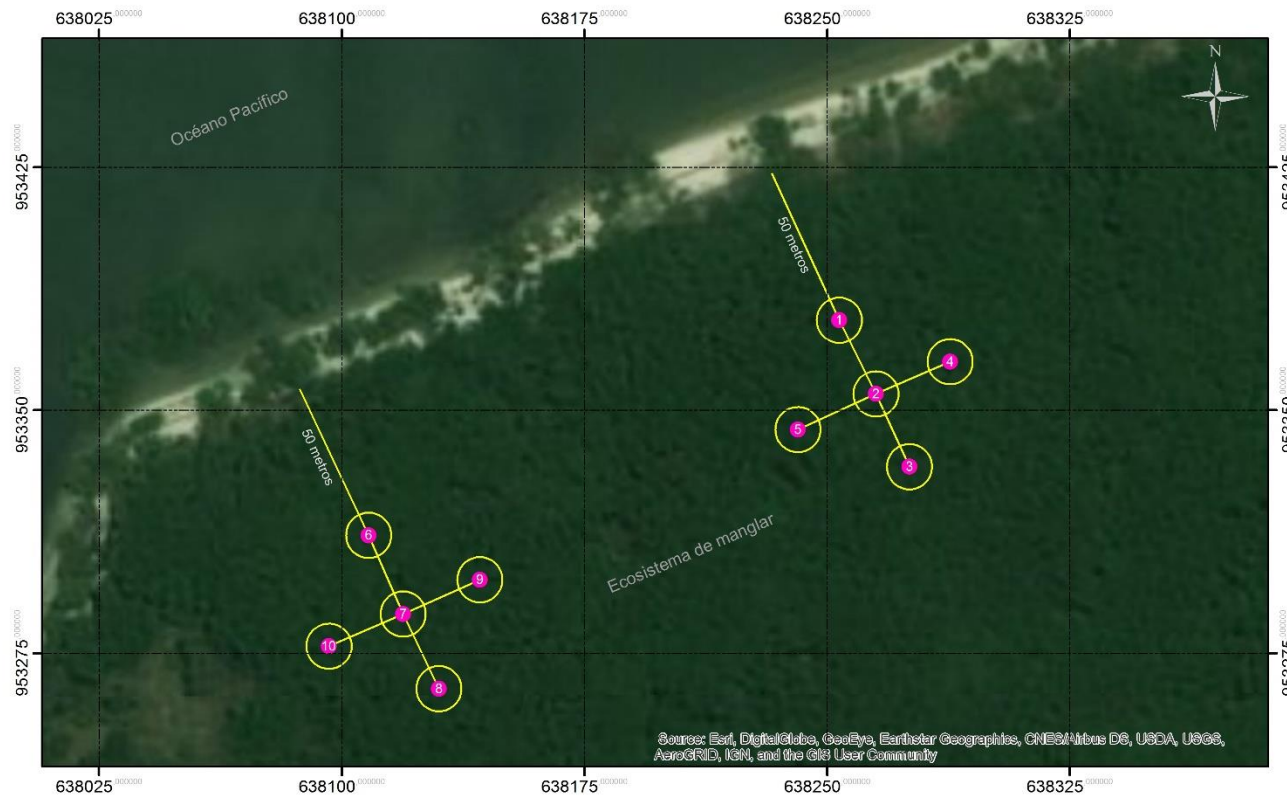
**ANEXO XVI. HORNOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN A BASE DE MADERA DE MANGLE, SAJALICES 2017**






**ANEXO XVII. MADERA DE MANGLE DESTINADA A LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN, SAJALICES 2017.**



## ANEXO N° XVIII. MAPA DE UBICACIÓN GEOPOSICIONAL DE LAS PARCELAS Y SUBPARCELAS, PUNTA CHAME 2017.



<p><b>Leyenda:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Parcelas</li> </ul> <p>Elaborado por:                  Temática: Gary Esquivel                  Diseño: Franklin De León</p>	<p align="center"><b>MAPA DE UBICACIÓN GEOPOSICIONAL DE LAS PARCELAS Y SUBPARCELAS</b></p>  <p>0 30 60 120 Metros</p> <p>Escala: 1:1.500                  Datum WGS 84 UTM Zona 17 N Fecha: 02/12/2017</p>	<p align="center"><b>UBICACIÓN REGIONAL Y LOCAL</b></p>  
--	--	---