

CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y CONTENIDO DE CARBONO DE DIEZ PARCELAS PERMANENTES ESTABLECIDAS EN EL ÁREA DE JURISDICCIÓN DEL CONSEJO COMUNITARIO LA PLATA, BAHÍA MÁLAGA, VALLE DEL CAUCA



Preparado por Alejandra Monsalve, Daniela Herrera y Jhoanata Bolívar Cardona. Medellín, Enero de 2015.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS	4
INTRODUCCIÓN	7
METODOLOGÍA	8
Área de estudio.....	8
Materiales y métodos.....	9
Caracterización estructural y composición florística de parcelas	9
Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa	11
Estimación de los contenidos de carbono de la necromasa	13
Estimación de los contenidos de carbono del sedimento	15
RESULTADOS	16
Caracterización estructural y composición florística de parcelas.....	16
<i>Composición florística</i>	16
<i>Estructura</i>	17
<i>Variables físico-químicas</i>	20
<i>Latizales</i>	21
Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa	22
<i>Biomasa aérea total y contenido de carbono</i>	22
<i>Biomasa de raíces y contenido de carbono</i>	22
<i>Relación biomasa aérea y subterránea</i>	23
Estimación de los contenidos de carbono de la necromasa	26
Estimación de los contenidos de carbono del sedimento	28
<i>Carbono orgánico total (COT), porcentaje (%CO) y densidad aparente (Da)</i>	28
<i>Exploración gráfica del comportamiento de las variables principales por parcela y profundidad</i>	30
DISCUSIÓN	35
Caracterización estructural y composición florística de parcelas.....	35
Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa	36
<i>Biomasa aérea</i>	36
<i>Biomasa subterránea</i>	39
<i>Relación biomasa aérea-subterránea</i>	40
Estimación de los contenidos de carbono de la necromasa	40



Estimación de los contenidos de carbono del sedimento	41
<i>Carbono total</i>	41
<i>Carbono orgánico (%)</i>	43
<i>Densidad aparente:</i>	44
BIBLIOGRAFIA	45
ANEXOS	48

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Número de individuos apeados por especie para la formulación de las ecuaciones desarrolladas por Saldarriaga (2011).	11
Tabla 2. Modelos desarrollados para bosques de manglar del Choco Biogeográfico.	12
Tabla 3. Densidad de la madera reportada por Saldarriaga (2011) para las especies presentes en la zona.....	12
Tabla 4. Valores promedio de variables estructurales de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca.....	19
Tabla 5. Valores promedio de variables físico-químicas de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca.....	20
Tabla 6. Relación entre la biomasa aérea y la biomasa de raíces gruesas por parcela.	24
Tabla 7. Carbono orgánico total (COT), porcentaje de carbono orgánico (%CO) y densidad aparente (Da) para las diferentes profundidades en Bahía Málaga en el año 2014.	28
Tabla 8. Carbono orgánico total (COT), porcentaje de carbono orgánico (%CO) y densidad aparente (Da) por parcela en Bahía Málaga en el año 2014.	28
Tabla 9. Carbono orgánico total (COT), porcentaje de carbono orgánico (%CO) y densidad aparente (Da) por parcela, para las diferentes profundidades en Bahía Málaga-Valle en el año 2014.	29
Tabla 10. Carbono y biomasa aérea reportados para diferentes bosques de manglar.	37
Tabla 11. Biomasa de raíces y biomasa aérea reportada para diferentes bosques de manglar.	39
Tabla 12. Carbono orgánico total (COT), carbono orgánico (%CO) y densidad aparente (Da) encontrados por diferentes autores en manglares y otros ecosistemas.	43

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de 10 parcelas de monitoreo de carbono en Bahía Málaga en Marzo de 2014.....	8
Figura 2. Conformación de la cuadrícula en una parcela de 500 m ² (20 m x 25 m), en la cual se muestra el sistema de coordenadas cartesianas (X, Y) en intervalos de cinco metros. La parcela está conformada por cinco fajas de 5 m x 20 m y estas a su vez por cuatro cuadrantes de 5 m x 5 m, los cuales son las unidades de las labores desarrolladas en campo.	10
Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo de parámetros fisicoquímicos, hidroperiodo y potencial redox en la parcela permanente de 500 m ² . Los puntos fueron ubicados en los cuadrantes 6, 7, 10, 14 y 15.	10
Figura 4. Método línea-intersecta modificado de Kauffman y Donato (2012).	14
Figura 5. Representación porcentual del Índice de Valor de Importancia - IVI – (IVI = Dominancia relativa + Abundancia relativa) de 10 parcelas permanentes en bosques de manglar en Bahía Málaga, Valle del Cauca. M. o.: <i>M. oleífera</i> ; P. r.: <i>P. rhizophorae</i> y: R. sp.: <i>Rhizophora</i> sp.	17
Figura 6. Estructura diamétrica de 10 parcelas permanentes en bosques de manglar. Bahía Málaga, Valle del Cauca. M. o.: <i>M. oleífera</i> ; P. r.: <i>P. rhizophorae</i> y: R. sp.: <i>Rhizophora</i> sp.	18
Figura 7. Diámetro promedio de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca. 95% de Fisher, LSD intervalos.	19
Figura 8. Comparación de abundancia y área basal de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca.	20
Figura 9. Salinidad de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca. 95% de Fisher, LSD intervalos. Profundidad: A. 0,0 m; B. 0,5 m a 1,0 m.	21
Figura 10. Abundancia de latizales de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca.	21
Figura 11. Comportamiento de la biomasa aérea (Kg) por parcela.....	22
Figura 12. Comportamiento de la biomasa de raíces gruesas (Kg) por parcela.	23
Figura 13. Biomasa aérea y subterránea promedio por hectárea para los manglares de Bahía Málaga. .	24
Figura 14. Distribución de la biomasa aérea y subterránea promedio por hectárea en cada parcela para los manglares de Bahía Málaga.	25
Figura 15. Relación promedio biomasa aérea – subterránea para cada una de las especies presentes en la zona de estudio.	26

Figura 16. Porcentaje de participación de la necromasa presente en detritos pequeños, detritos gruesos y árboles muertos en pie.....	27
Figura 17. Contenido de carbono (ton C ha^{-1}) presente en detritos pequeños, detritos gruesos y árboles muertos en pie.	27
Figura 18. Contenido de carbono orgánico total (Mg/ha) vs profundidad (cm) en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.	31
Figura 19. Contenido de carbono orgánico total (Mg/ha) por parcela en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.	32
Figura 20. Porcentaje de carbono orgánico (%CO) vs Profundidad (cm) en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.	33
Figura 21. Porcentaje de carbono orgánico (%CO) por parcela en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.	34
Figura 22. Densidad aparente del suelo (Da) vs Profundidad (cm) en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.	34
Figura 23. Densidad aparente del suelo (Da) vs Parcela en los primeros 50 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.	35

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS PARCELAS PERMANENTES ESTABLECIDAS EN BAHÍA MÁLAGA, VALLE DEL CAUCA.	49
--	----

INTRODUCCIÓN

La acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y ozono (O_3), como resultado de procesos antrópicos como la quema de combustibles fósiles, el desarrollo de la industria cementera en los países industrializados, la deforestación y cambio en el uso de la tierra, han contribuido al aumento de la temperatura promedio global.

Los manglares son bien conocidos por su alta acumulación de Carbono – C, estos pueden almacenar cantidades de C aún mayores a $1.000 \text{ ton C ha}^{-1}$ (Donato *et al.*, 2011), por lo tanto son ecosistemas clave en la mitigación del calentamiento global. Los bosques de manglar representan menos del 1 % de los bosques tropicales y menos de 0,4 % de los bosques del mundo (Spaulding *et al.*, 2010), sin embargo tienen una de las tasas de deforestación más alta (Duke *et al.* 2007), la conversión de la tierra ha provocado la pérdida de más de un tercio de los manglares en los últimos 20 a 50 años (Alongi, 2002). Las causas de esta deforestación y degradación son la agricultura, acuicultura, la conversión de la tierra y desarrollo costero, perturbaciones que generan pérdidas de biomasa y la consecuente descomposición de materia orgánica provoca la liberación de grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera (Lovelock, 2011). Dadas las grandes existencias de C en los manglares, las emisiones resultantes son muy altas y fuente importante de gases de efecto invernadero. La protección y restauración de los manglares constituyen entonces una estrategia de mitigación del cambio climático (Adame *et al.*, 2013).

A nivel mundial, los bosques de manglar son generalmente subestimados, sobreexplotados y mal administrados (Ewel *et al.*, 1998), sin embargo, su importancia para los seres humanos, la fauna y el equilibrio global del carbono es fundamental (Walters *et al.*, 2008). Los impactos antrópicos y el cambio global han incitado el interés científico en estimar las existencias y las tasa de cambio de carbono por medio del establecimiento de parcelas que constituyen una herramienta fundamental para la elaboración de proyectos forestales que busquen mitigar el calentamiento global; por medio de esta información y el monitoreo de parcelas se permite hacer estimaciones de aumento de la biomasa y carbono en el ecosistema.

Entre los componentes de los manglares, se resaltan los detritos, que aportan gran cantidad de servicios al ecosistema: reducen la erosión, almacenan agua y nutrientes y sirven como sustrato para la germinación de las semillas y de hábitat de microorganismos, invertebrados y vertebrados (Harmon y Sexton, 1996). Los detritos derivados de manglar son un recurso importante para las redes alimenticias descomponedoras, incluyendo macro-invertebrados, como algunos cangrejos (Fratini *et al.*, 2000). Además de esto son promotores de la sedimentación (Krauss *et al.* 2003), y como mencionó Allen *et al.* (2000) incrementan potencialmente el crecimiento de las plántulas próximas a los sitios donde se almacenan. Los árboles muertos pueden persistir durante muchos años, por lo cual influyen los ecosistemas tanto como lo hacen los árboles vivos (Harmon y Sexton, 1996).

El objeto de este estudio es caracterizar la estructura y los contenidos de los diferentes compartimentos de carbono en 10 parcelas permanentes establecidas en el marco del Convenio suscrito entre la Fundación Natura y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés – INVEMAR. Esta información permite participar en las estrategias de mitigación del cambio climático, como la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD), que contribuyen a la protección, restauración y aprovechamiento sostenible de las áreas de manglar.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se desarrolló en Bahía Málaga, situada en la región central de la costa Pacífica colombiana, a 36 km aproximadamente del norte del puerto de Buenaventura, departamento del Valle del Cauca (Figura 1). Su forma es alargada en dirección N-NE y se caracteriza por poseer varios biotopos localizados en forma dispersa en toda su longitud, tales como: playas arenosas, playas rocosas, acantilados terciarios y manglares (INVEMAR, UNIVALLE e INCIVA, 2006).

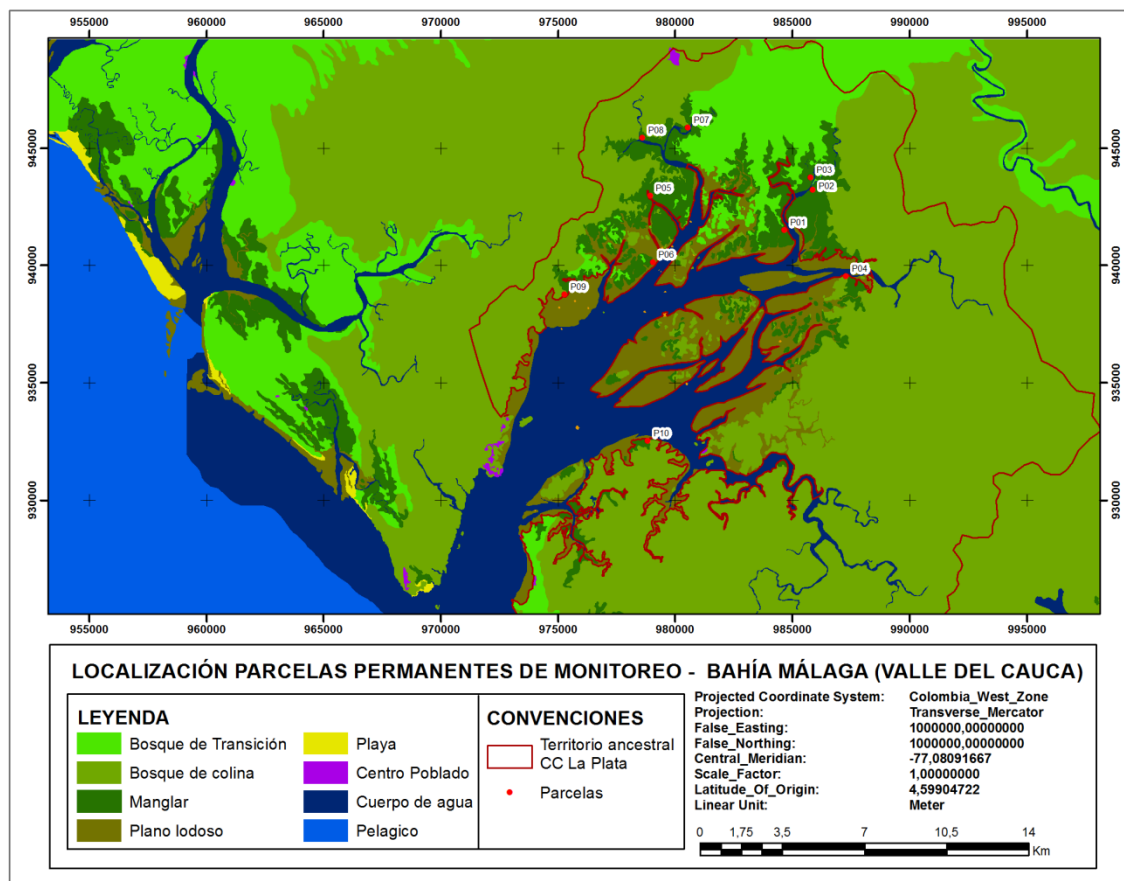


Figura 1. Ubicación de 10 parcelas de monitoreo de carbono en Bahía Málaga en Marzo de 2014.

Bahía Málaga se localiza en la zona central de la Región bio-geográfica Chocó-Darién, también llamada Chocó Biogeográfico o corredor Tumbes-Chocó-Magdalena, una de las de mayor importancia para la biodiversidad mundial o *hotspots*. Esta zona conforma un vasto mosaico de conservación: en el ámbito marino, el Parque Nacional Natural (PNN) Uramba Bahía Málaga, que abarca una extensión de 470,9

km²; en el ámbito costero, se encuentran dos áreas protegidas regionales, el Parque Natural Regional (PNR) La Sierpe (251,8 km²), y el Distrito de Manejo Integrado (DMI) La Plata (67,9 km²) (García, 2010).

Adicionalmente, en la zona de Bahía Málaga existen cinco consejos comunitarios: el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de La Plata, el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de Juanchaco, el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de Ladrilleros, el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de La Barra y el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de Puerto España – Miramar.

El primero, La Plata, se encuentra ubicada en la parte interna de la Bahía. En su sistema de gobierno propio tienen, código de régimen interno, Plan de Administración de los Recursos naturales y un reglamento para el manejo del Ecoturismo en su territorio, que en la actualidad posee un área de 7.000 ha aproximadamente, titulada de forma colectiva por la ley 70 de 1993 y el decreto 1745 de 1995. Por el momento luchan de forma jurídica para que el gobierno nacional les reconozca 25.000 ha de uso ancestral colectivo.

El presente estudio se desarrolló específicamente en las zonas de bosque de manglar del área de uso ancestral colectivo del Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de La Plata.

Materiales y métodos

Caracterización estructural y composición florística de parcelas

Se establecieron diez (10) parcelas permanentes de 500 m² (20 x 25 m) para el monitoreo de la vegetación en marzo de 2014. Cada una fue subdividida en 20 cuadrantes de 5 x 5 m (Figura 2) y se realizaron mediciones a todos los árboles con diámetro normal (D a 1,30 m de altura sobre el nivel del suelo o 30 cm por encima de la última raíz aérea) mayor o igual a 2,5 cm. La altura total (H) fue medida de forma aleatoria al 30 % de los individuos, de manera directa con vara extensible a los árboles de menor tamaño (< 5 m), y de manera indirecta con clinómetro SUNTO a los árboles de mayor tamaño (≥ 5 m). Mediante el modelo alométrico $H=b_0 \cdot D^{b1}$, se estimaron las alturas restantes. En la parte inferior izquierda de la parcela se marcó una subparcela de 100 m² (10 x 10 m), donde se midieron todos los diámetros y el 30% de las alturas de los arbolitos con altura mayor a 1,0 m y D menor a 2,5 cm (latizales). Cuando los individuos no alcanzaron 1,30 m de altura, el diámetro fue medido a la mitad de la altura total. Adicionalmente, todos los individuos medidos fueron identificados taxonómicamente en campo, marcados con placas de aluminio y pintados para identificarlos en posteriores remediciones.

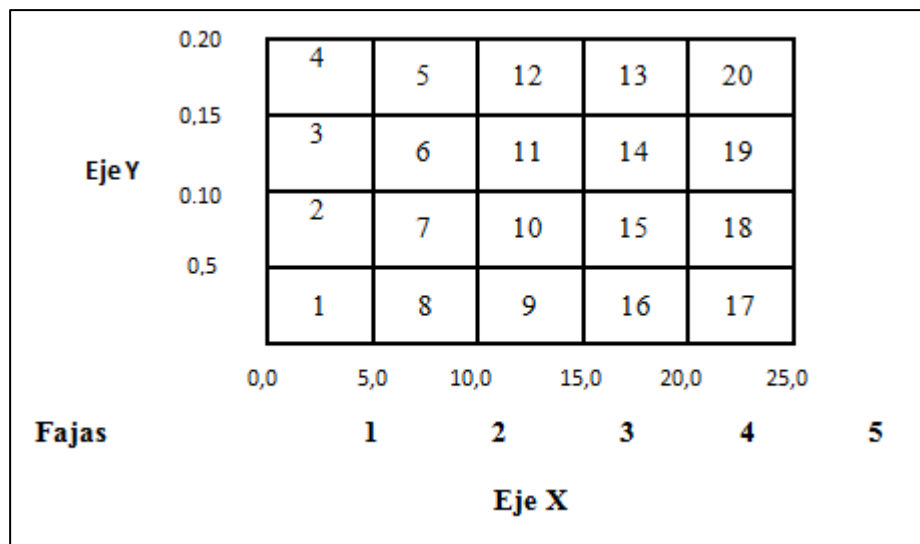


Figura 2. Conformación de la cuadrícula en una parcela de 500 m² (20 m x 25 m), en la cual se muestra el sistema de coordenadas cartesianas (X, Y) en intervalos de cinco metros. La parcela está conformada por cinco fajas de 5 m x 20 m y estas a su vez por cuatro cuadrantes de 5 m x 5 m, los cuales son las unidades de las labores desarrolladas en campo.

Sobre cinco puntos distribuidos sistemáticamente en cada parcela (Figura 3), a 0 m, 0,5 m y 1 m de profundidad, fueron tomadas muestras de agua intersticial para determinar valores de salinidad y pH, con conductímetro y pH-metro respectivamente. Adicionalmente, se tomaron datos de observaciones realizadas en la parcela (Anexo 1) y se estimó el porcentaje de cobertura de helecho de manera visual.

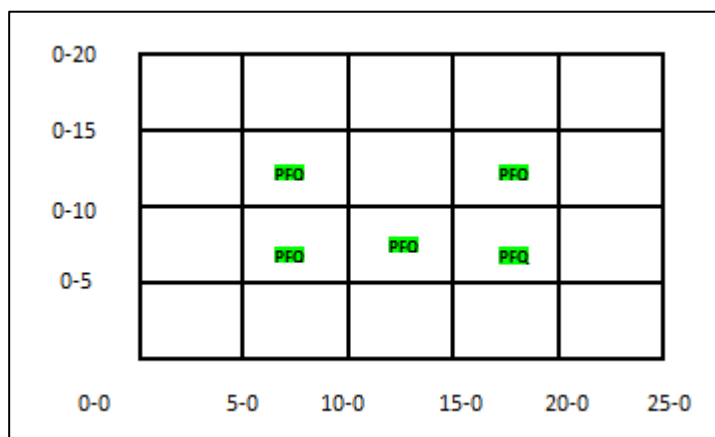


Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo de parámetros fisicoquímicos, hidropotencial y potencial redox en la parcela permanente de 500 m². Los puntos fueron ubicados en los cuadrantes 6, 7, 10, 14 y 15.

Para evaluar la significancia ecológica de las especies se utilizó el Índice de Valor de Importancia (IVI; *sensu* , 1951). Adicionalmente, se realizaron análisis de varianza (ANAVA) por medio del programa *STATGRAPHICS Centurion XV.I.* para evaluar diferencias significativas entre las parcelas en los valores de *D*, salinidad y pH.

Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa

Estimación de la biomasa área

La estimación de la biomasa aérea en Bahía Málaga fue realizada mediante el método indirecto, el cual consiste en utilizar las ecuaciones alométricas (Chave *et al.* 2005) que actualmente existen en la literatura, y que fueron generadas a partir del método directo. En este caso, solo fue necesario medir las variables más relevantes en campo (diámetro y altura) para ser incluidas posteriormente en la ecuación seleccionada. Se optó por no realizar muestreos destructivos debido a la existencia de ecuaciones para la estimación de biomasa en bosques de manglar del Pacífico colombiano.

Para la estimación de la biomasa aérea se tuvieron en cuenta los modelos desarrollados por Saldarriaga (2011) para la estimación de la biomasa y el carbono en manglares del Chocó biogeográfico. Estas ecuaciones fueron realizadas a partir de la información proveniente de la cosecha de 34 individuos de las especies *Avicennia germinans*, *Mora oleífera*, *Pelliciera rhizophorae*, *Rhizophora mangle* y *Rhizophora racemosa*, localizados en los Consejos Comunitarios de Bajo Mira (Tumaco, Nariño) y Concosta (Bajo Baudó, Chocó) (Tabla 1).

Tabla 1. Número de individuos apeados por especie para la formulación de las ecuaciones desarrolladas por Saldarriaga (2011).

Especie	Individuos apeados
<i>Avicennia germinans</i>	3
<i>Mora oleífera</i>	14
<i>Pelliciera rhizophorae</i>	3
<i>Rhizophora mangle</i>	9
<i>Rhizophora racemosa</i>	5
Total	34

En la Tabla 2 se presentan las diferentes ecuaciones desarrolladas por Saldarriaga (2011) para bosques de manglar.

Tabla 2. Modelos desarrollados para bosques de manglar del Choco Biogeográfico.

Modelo	RSE	GL	R^2	R^2_{adj}	AIC	b_0 cor	b_1	b_2	b_3
1. $\log(B)=b_0+b_1\log(D)+b_2\log(H)+b_3\log(\delta)$	0,282	130	0,982	0,981	52,22	-3,051	2,156	0,784	0,359
2. $\log(B)=b_0+\log(D^2 \cdot H \cdot \delta)$	0,324	132	0,975	0,975	88,07	-3,001	1,018		
3. $\log(B)=b_0+\log(D^2 \cdot H \cdot \delta)$	0,326	132	0,975	0,974	90,10	-3,437	2,544		
4. $\log(B)=\log(D^2 \cdot H)$	0,363	132	0,969	0,968	122,10	-3,394	1,063		
5. $\log(B)=\log(D)+\log(H)$	0,309	130	0,977	0,976	75,90	-2,534	2,099	0,335	

Fuente: Saldarriaga 2011. B= Biomasa aérea; D= Diámetro a la altura del pecho; H=altura; δ = Densidad de la madera; b_0 , b_1 , b_2 y b_3 = coeficientes de la regresión; b_0 cor= coeficiente b_0 corregido.

En este estudio se eligió la Ecuación 1 (Tabla 2) para realizar las estimaciones de biomasa aérea por presentar los mejores estadísticos (menor RSE, menor AIC y mayor R^2).

Para correr el modelo fue necesario desarrollar ecuaciones de estimación de altura para los individuos con los que no se contaba con el dato de campo. Los datos de densidad usados en este modelo corresponden con las datos de densidad promedio hallados por Saldarriaga (2011) para cada una de las especies encontradas en la zona (Tabla 3).

Tabla 3. Densidad de la madera reportada por Saldarriaga (2011) para las especies presentes en la zona.

Especie	Densidad (g/cm ³)
<i>Mora oleifera</i>	0,557530681
<i>Pelliciera rhizophorae</i>	0,540036628
<i>Rhizophora sp</i>	0,743537592

Estimación de la biomasa subterránea

Al igual que en el caso de la biomasa aérea, las ecuaciones alométricas para raíces permiten estimar la biomasa y por ende el contenido de carbono de este compartimiento. La mayoría de estas ecuaciones tienen como variable predictiva el diámetro o la biomasa aérea calculada para cada individuo registrado en las parcelas de muestreo (Yepes *et al*, 2011).

La biomasa subterránea es un componente importante en los bosques de manglar debido a que almacenan mayores contenidos de carbono en este compartimiento comparado a los bosques de tierra firme (Komiyaama *et al*. 2008).

Autores como como Donato & Kauffman (2012) y Komiyaama *et al*. (2008) recomiendan no utilizar ecuaciones de bosques de tierra firme para los bosques de manglar, debido a las diferencias existentes en la relación biomasa aérea-subterránea con respecto a los bosques de tierra firme. Por lo anterior en el presente estudio se utilizó la ecuación general para biomasa subterránea en manglares desarrollada por Komiyaama *et al*. (2008):

$$B_R = 0.199 * \rho^{0.899} * D^{2.22}$$

Donde:

B_R = Biomasa de raíces subterráneas (Kg)

ρ = Densidad de la madera (g/cm^3)

D = Diámetro a la altura del pecho (cm)

La densidad de la madera usada en esta ecuación corresponde a las densidades descritas en la Tabla 3. Debido a que esta ecuación incluye las raíces aéreas de *Rhizophora sp.*, se optó por utilizar un factor de proporción promedio (porcentaje de la biomasa de raíces aéreas respecto a la biomasa total) según los resultados alométricos hallados en el estudio de la biomasa aérea de los manglares del DMI de Cispatá, el cual es de 24,68 %.

Estimación de los contenidos de carbono de la necromasa

Para el registro de los detritos en las diez (10) parcelas permanentes de monitoreo, se utilizó el método de la línea-intersecta, propuesto inicialmente por Warren (1968) y modificado del método propuesto por Kauffman y Donato (2012) aplicado a manglares, el cual incluye para el caso de este estudio cuatro transectos de 38 m cada uno, en dirección a los puntos cardinales (A-B-C-D), tal como se observa en la figura 4. En una distancia de 5 m desde el centro de la parcela, en todas las direcciones, no se tomaron muestras, con el fin de minimizar la sobre estimación en la parte central de la parcela. En cada transecto se tomaron los siguientes registros:

- Detritos Gruesos de Madera (DGM): se consideraron todos aquellos segmentos de madera con un diámetro mayor a 7,6 cm en el punto de intersección de la pieza con el transecto. El diámetro se midió en dirección perpendicular al eje central de la pieza y con la ayuda del penetrómetro dinámico ubicado sobre cada detrito a 90° se registró la dureza, para el cálculo de la densidad.
- Detritos Pequeños de Madera (DPM): incluyen aquellos segmentos de madera con un diámetro entre 2,5 y 7,6 cm en el punto de intersección de la pieza de madera con la línea del transecto. Se midieron los detritos que estaban presentes en los últimos 16 metros de cada transecto.
- Los Árboles Muertos en Pie (AMP): son aquellos troncos que aún estaban erectos pero que evidentemente poseían características de individuos muertos, tales como: ausencia de hojas o presencia de éstas completamente secas, tronco seco sin tejidos vivos. A los AMP se les registró el diámetro normal, a una altura de 1,3 metros desde el suelo y para aquellos cuya altura era menor, se les midió en la parte central del individuo. Estos registros se realizaron a los individuos presentes en la parcela de 500 m². De igual modo se les registró la altura y con la ayuda del penetrómetro dinámico, aplicado con un ángulo 45° sobre los troncos, se registró la dureza de la pieza para el posterior cálculo de la densidad de cada individuo muerto en pie.

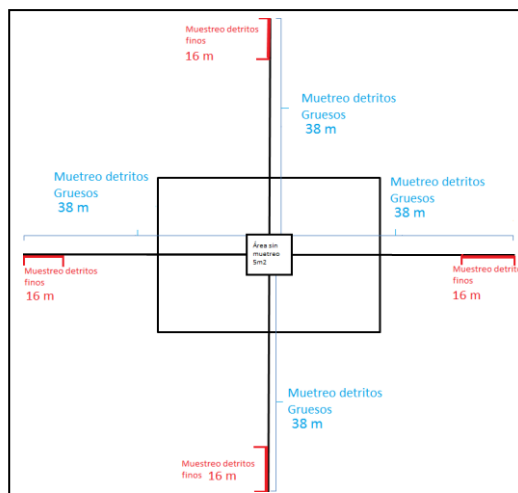


Figura 4. Método línea-intersecta modificado de Kauffman y Donato (2012).

- Densidad de la madera

Los datos de penetración obtenidos de los AMP y de los detritos gruesos fueron utilizados para conocer la densidad de la madera muerta por medio de las ecuaciones 1, 2 y 3, propuestas por Yepes *et al.* (2011). Para los árboles que presentaban un grado de descomposición mayor, y por ende el penetrómetro perforaba la pieza con menos de 20 golpes, se utilizó la ecuación 1 en la cual se halla constante de penetración (P), con base en el número de golpes realizados (g). Para aquellas piezas con grado de descomposición menor, en las que a los 20 golpes no hubo penetración total, se utilizó la ecuación 2 para hallar la constante (P) utilizando la longitud de penetración (l). Dicha penetración es utilizada en la ecuación 3 para conocer la densidad de la madera (ρ), la cual incluye (P) y la constante (I) que toma el valor de uno (1) cuándo la penetración es mayor que 1 y toma el valor de cero (0) cuando la penetración es menor o igual a 1 (P y I son variables adimensionales).

$$P = \frac{20}{g-0,5} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$P = \frac{20}{l} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\rho = 0,6451 - 0,388 * (\log_{10} P) - 0,377 * I + 0,30 * (\log_{10} P) * \quad \text{Ecuación 3}$$

Inicialmente se pretendía estimar la masa de los detritos finos a partir de la construcción de un modelo alométrico que relacionara la masa con el diámetro de la pieza colectada en campo; tal como lo sugiere Yepes *et al.* (2011); no obstante los modelos probados no cumplieron con los postulados de regresión, lo cual disminuye la confianza en los estimados de estos modelos. Por tal razón estos modelos no fueron

utilizados y se estimó la densidad promedio de los detritos finos usando los datos del peso seco y el volumen de las muestras colectadas.

- Volumen

Para hallar el volumen de los AMP se utilizó la ecuación 4 propuesta por Yepes *et al.* (2011), la cual relaciona el volumen con el diámetro (d) y la altura del individuo (h).

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 * h \quad \text{Ecuación 4}$$

En el caso de los detritos pequeños y gruesos se siguió la metodología propuesta por Kauffman y Donato (2012). Para el cálculo del volumen de los detritos finos se utiliza el Diámetro Medio Cuadrático (DMC), representado en la ecuación 5, donde d es el diámetro de cada pieza y n es el número de piezas medidas en campo. El DMC se aplica en la ecuación 6 junto con L que representa la longitud del transecto y n que representa el número de detritos muestreados en campo, para calcular el volumen de las piezas. Y para el cálculo del volumen de los detritos gruesos se aplica la ecuación 7.

$$DMC = \sqrt{\frac{\sum d^2}{n}} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$V = \pi^2 * \left(\frac{n * DMC^2}{8 * L} \right) \quad \text{Ecuación 6}$$

$$V = \pi^2 * \left(\frac{\sum d^2}{8 * L} \right) \quad \text{Ecuación 7}$$

- Masa

La necromasa se halla multiplicando la densidad obtenida (ρ) con el volumen (V) (Ecuación 8).

$$M = \rho * V \quad \text{Ecuación 8}$$

Estimación de los contenidos de carbono en suelo

Carbono orgánico (%): En cinco puntos establecidos sistemáticamente en cada una de las parcelas permanentes se extrajeron núcleos de suelo con un barreno artesanal de 11 cm de diámetro. Luego se combinó una submuestra de suelo por parcela, proveniente de las cinco muestras, para analizar sus propiedades químicas.

Para la cuantificación del carbono orgánico se utilizaron muestras secadas a temperatura ambiente y con tamaño de partícula menor a 2 mm. El método utilizado fue Walkley Black, dicho análisis fue llevado a cabo en el Laboratorio Nacional de Suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Antes de realizar el cálculo de carbono orgánico se realizó una prueba cualitativa para determinar la existencia o no de carbonatos (carbono inorgánico) en las muestras, en caso de ser así, estas muestras recibieron un tratamiento con ácido mineral para convertir los carbonatos en CO₂, para luego evaporar y secar totalmente la muestra y calcular el carbono orgánico (Robertson *et al.*, 1999).

Densidad aparente del suelo: Se realizaron diez muestreos en un lugar adyacente a la parcela en una zona no transitada. Las muestras fueron colectadas mediante tubos de PVC de volumen conocido para tres profundidades: 0-15 cm, 15-30 cm y 30-50 cm. Para disminuir la varianza, en cada profundidad se tomaron tres muestras, para un total de 90. Luego de colectadas, las muestras fueron debidamente empacadas, rotuladas y conservadas en refrigerador a 4° C hasta su procesamiento en laboratorio. En el laboratorio cada muestra fue extraída del tubo para secarla a 66° C constantes durante 72 horas en recipientes de aluminio. A los datos se aplicó la fórmula recomendada en Cambell & Henshall (1991):

$$Da = Pss/Vol$$

Donde:

Da: densidad aparente (g·cm⁻³)

Pss: peso de la muestra de peso seco (g)

Vol: volumen del tubo (cm³)

Carbono orgánico total (Mg/ha): se estimó por hectárea para tres profundidades: 0-15 cm, 15-30 cm y 30-50 cm, aplicando la fórmula recomendada en Cambell & Henshall (1991):

$$Mg\ C\ ha^{-1} = Da \times \%CO \times Profundidad$$

Dónde:

Mg C ha⁻¹= toneladas de C por hectárea

%CO = porcentaje de C orgánico

Da = densidad aparente en una profundidad determinada (g·cm⁻³)

Profundidad = tamaño del intervalo de profundidad (cm)

RESULTADOS

Caracterización estructural y composición florística de parcelas

Composición florística

En las parcelas P01, P04 y P09 se encontraron las especies *Rhizophora sp.* y *P. rhizophorae*, siendo esta última la que presentó mayor IVI; las especies presentes en las parcelas P02, P03, P07 y P08 fueron *M. oleífera* y *Rhizophora sp.* Para estas cuatro parcelas la especie *Rhizophora sp.* es la que

presenta mayor significancia ecológica ($IVI > 120\%$); finalmente, en las parcelas P05, P06 y P10, se encontró una única especie, *Rhizophora sp.* (Figura 5).

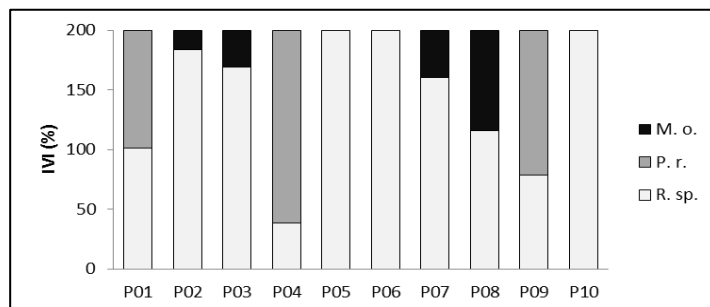


Figura 5. Representación porcentual del Índice de Valor de Importancia - IVI – ($IVI = \text{Dominancia relativa} + \text{Abundancia relativa}$) de 10 parcelas permanentes en bosques de manglar en Bahía Málaga, Valle del Cauca. M. o.: *M. oleífera*; P. r.: *P. rhizophorae* y R. sp.: *Rhizophora sp.*

Estructura

La distribución diamétrica de la mayoría de las parcelas mostró una tendencia de “J” invertida, elevada proporción de individuos en la primera clase (entre 2,5 cm y 7,5 cm) y una gran disminución a partir de la segunda (7,5 cm – 12,5 cm). Un cambio más abrupto se observó en P04, alcanzando más de 2.000 individuos por hectárea en la primera clase diamétrica, menos de 100 en la segunda y ningún individuo en las demás clases (Figura 6).

Aunque el total de individuos en la parcela P03 presenta una distribución similar a las demás, la especie dominante (*Rhizophora sp.*) no presenta una tendencia de “J” invertida, el mayor número de individuos se encuentra en la segunda clase diamétrica (7,5 - 12,5 cm) y presenta una distribución irregular de individuos en las clases restantes, es de resaltar que en esta parcela se encuentra el individuo con mayor diámetro ($D = 47,5$ cm) (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, Figura 6). De forma similar en la distribución de P10, bajos porcentajes de individuos en la clase diamétrica más pequeña, incrementos en las intermedias, alcanzando el mayor número de individuos en la tercera clase (12,5 – 17,5 cm) y una disminución marcada en las demás categorías diamétricas.

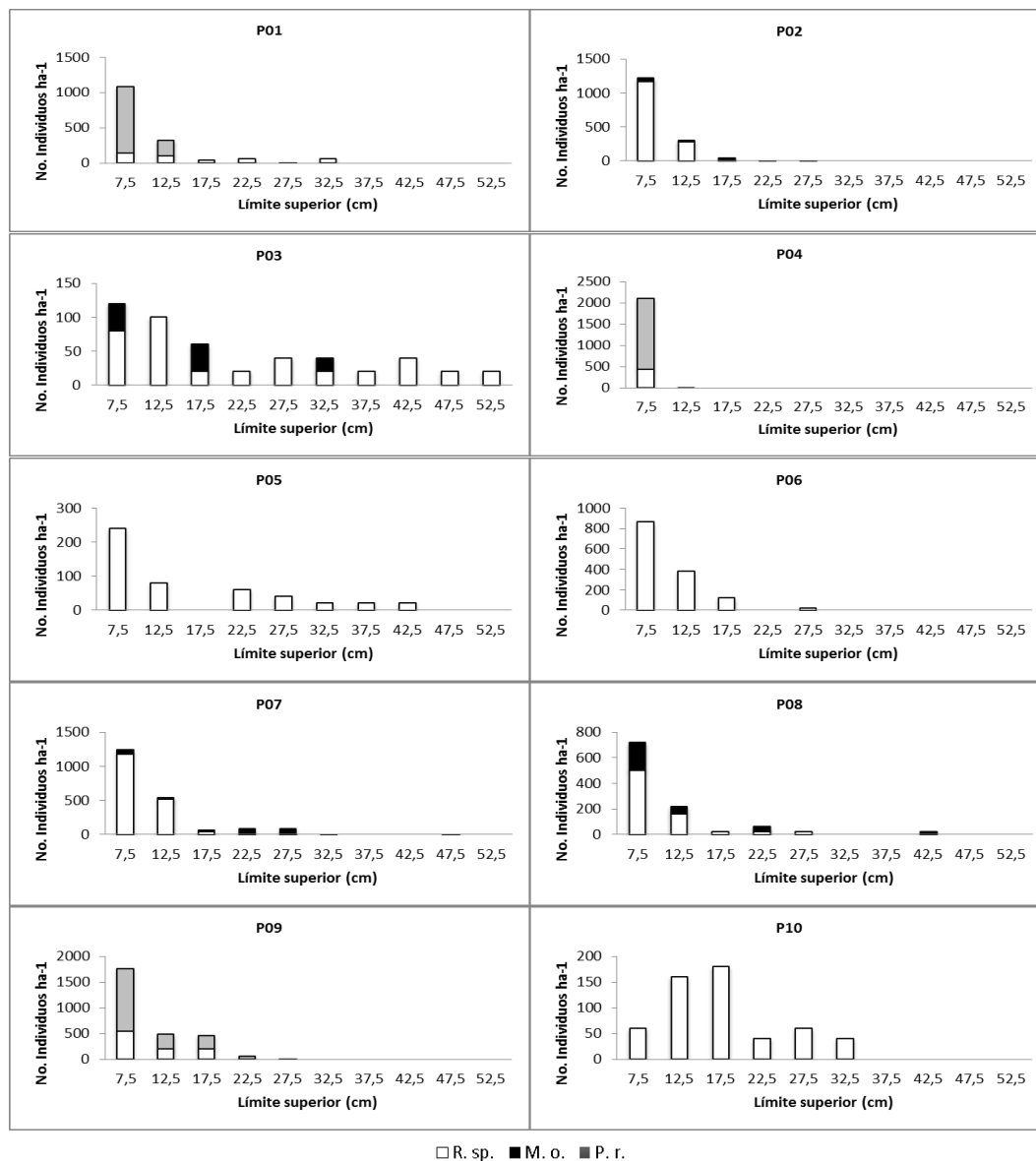


Figura 6. Estructura diamétrica de 10 parcelas permanentes en bosques de manglar. Bahía Málaga, Valle del Cauca. M. o.: *M. oleífera*; P. r.: *P. rhizophorae* y: R. sp.: *Rhizophora* sp.

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre el *D* de las 10 parcelas, separándolas en tres grupos: el primer grupo, conformado por P04, presenta un diámetro promedio de 3,3 cm, adicionalmente, esta parcela presenta los menores valores de altura promedio y altura máxima, 3,4 m y 9,0 m respectivamente; el segundo grupo, conformado por las parcelas P01, P02, P06, P07, P08 y P09, presenta un diámetro promedio entre 6,5 y 8,5 cm, mientras que la altura presentó valores promedio entre 8,0 y 10,7 m y máximos entre 28,3 y 40,2 m; el tercer grupo, conformado por P03, P05 y

P10, presenta los individuos de mayor porte, diámetro promedio entre 13,0 y 18,8 cm, altura promedio entre 16,7 y 20,4 m y altura máxima entre 40,3 y 40,9 m (Figura 7, tabla 4).

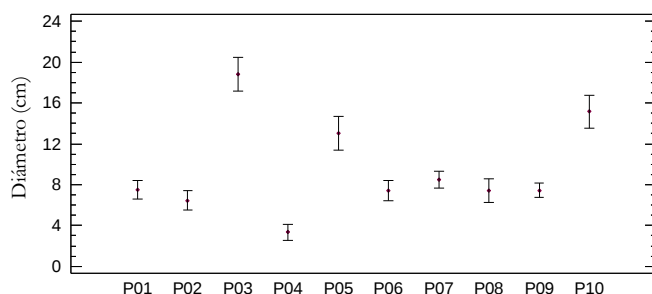


Figura 7. Diámetro promedio de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca. 95% de Fisher, LSD intervalos.

Tabla 4. Valores promedio de variables estructurales de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca.

Parcela	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (m)	Altura máxima (m)
P01	7,5±6,3	8,0±7,4	33,0
P02	6,5±3,6	9,2±4,8	28,3
P03	18,8±13,8	20,1±12,5	40,3
P04	3,3±1,2	3,4±1,1	9,0
P05	13,0±11,5	16,7±12,7	40,6
P06	7,4±4,0	10,3±4,5	24,1
P07	8,5±6,8	10,7±6,4	40,2
P08	7,4±6,7	9,3±6,5	33,5
P09	7,4±4,9	8,1±5,5	31,3
P10	15,1±7,4	20,4±8,8	40,9
General	6,8±7,7	7,5±9,4	40,9

La mayor área basal está presente en las parcelas P03, P07 y P09, estas dos últimas con un gran número de individuos, mientras que P03 concentra la mayor área basal ($20,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) y el menor número de individuos ($480 \text{ individuos ha}^{-1}$). Por otro lado, la parcela P04 presenta la menor área basal ($2,1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) y un gran número de individuos (Figura 8).

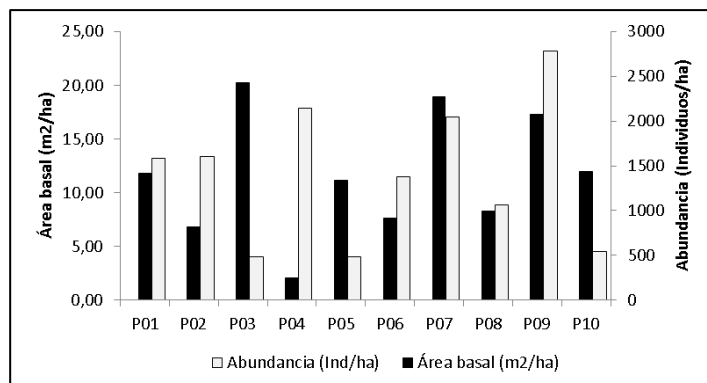


Figura 8. Comparación de abundancia y área basal de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca.

Variables físico-químicas

Los valores de pH no presentaron gran variabilidad, el menor valor se encuentra en la parcela P02 a nivel superficial, 6,1, siendo 7,0 el pH promedio general. Para la salinidad, el ANAVA arrojó diferencias significativas entre la profundidad superficial (0,0 m) y las profundidades 0,5 m y 1,0 m, mientras que entre estas dos no se presentaron diferencias, el menor valor de salinidad se presenta en P04, mostrando una diferencia más marcada respecto a las demás parcelas a nivel superficial, 4,8 ppt. Por otro lado, las parcelas P09 y P10, presentaron los mayores valores de salinidad, alcanzando salinidades mayores a 30 ppt a nivel superficial (Tabla 5, Figura 9).

Adicionalmente se observó una baja presencia de helecho, en las parcelas P02, P03 y P08 se encontró una cobertura de helecho entre 3 y 5,8 %, en las demás parcelas la cobertura de helecho fue nula o cercana a cero (Tabla 5).

Tabla 5. Valores promedio de variables físico-químicas de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca.

Parcela	pH			Salinidad (ppt)			Helecho (%)
	Superficial	0,5 m	1 m	Superficial	0,5 m	1 m	
P01	7,0±0,04	6,9±0,09	6,9±0,06	15,9±0,99	14,5±2,86	16,0±1,52	0,0
P02	6,1±0,14	6,8±0,04	6,8±0,15	20,4±0,37	13,8±4,7	14,4±2,12	4,5
P03	7,1±0,06	7,0±0,14	7,2±0,13	14,0±5,18	9,6±7,32	15,3±1,05	5,8
P04	7,1±0,23	6,9±0,02	6,8±0,12	4,8±2,59	8,8±2,9	11,1±3,50	0,0
P05	7,0±0,15	7,1±0,40	6,9±0,21	21,7±0,53	16,2±5,75	16,1±4,34	0,0
P06	7,1±0,03	7,0±0,03	-	15,7±0,51	16,2±3,71	-	0,0
P07	6,7±0,14	6,6±0,06	6,7±0,18	17,0±1,89	16,3±1,89	13,0±0,42	0,0
P08	7,0±0,10	6,9±0,11	6,9±0,08	17,2±2,4	15,3±2,63	13,6±4,53	3,0

Parcela	pH			Salinidad (ppt)			Helecho (%)
	Superficial	0,5 m	1 m	Superficial	0,5 m	1 m	
P09	7,2±0,09	7,1±0,19	7,0±0,20	31,3±3,04	27,9±0,92	26,5±4,90	0,1
P10	7,2±0,41	7,0±0,06	7,2±0,12	37,6±0,21	24,1±6,2	29,8±5,23	0,0

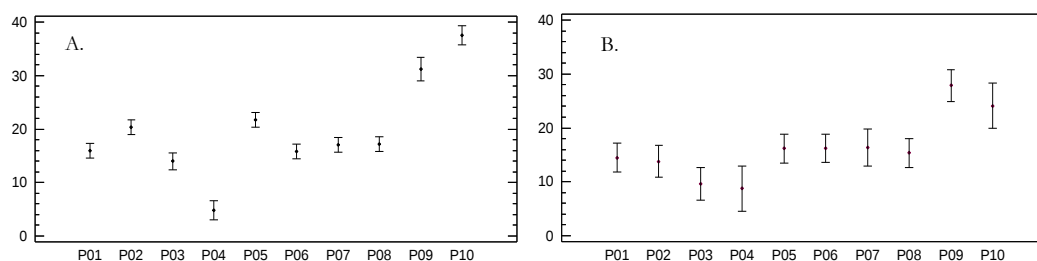


Figura 9. Salinidad de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca. 95% de Fisher, LSD intervalos. Profundidad: A. 0,0 m; B. 0,5 m a 1,0 m.

Latizales

Las parcelas P01, P04 y P09 presentan el mayor número de latizales, representados principalmente por la especie *P. rizhophorae*; por otro lado, se encontraron latizales de *R. sp.*, en casi todas las parcelas, exceptuando P01 y P10; mientras que *M. oleífera*, aunque se presentó en la mayoría de parcelas, P01, P02, P03, P04, P07 y P08 la abundancia de esta siempre fue baja (Figura 10).

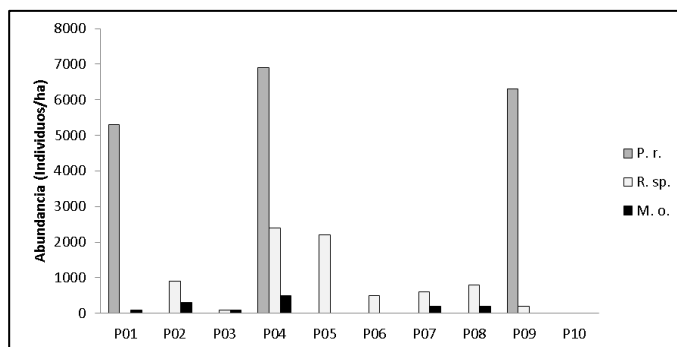


Figura 10. Abundancia de latizales de 10 parcelas permanentes en bosque de manglar, Bahía Málaga, Valle del Cauca.

Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa

Biomasa aérea total y contenido de carbono

A partir de la ecuación general desarrollada por Komiyama *et al.* (2008) se halló que la biomasa aérea de los bosques de manglar de Bahía Málaga es de $111,92 \pm 81,95 \text{ ton ha}^{-1}$. Asumiendo un factor de conversión de 0,5, tal y como se recomienda en la literatura (McDicken, 1977), el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea es de $55,96 \text{ ton ha}^{-1}$.

En la Figura 11 se observa el comportamiento de la biomasa aérea por parcela en los bosques de manglar de Bahía Málaga. Las parcelas P03, P05 y P10 son las que presentan mayores valores de biomasa aérea y al mismo tiempo son las que tienen una mayor variación. En general los datos de biomasa tienen una tendencia mayor a presentar valores menores a 500 Kg por individuo, a excepción de las parcelas P03, P05 y P07 que presentan individuos que alcanzan valores cercanos a los 3.000 Kg.

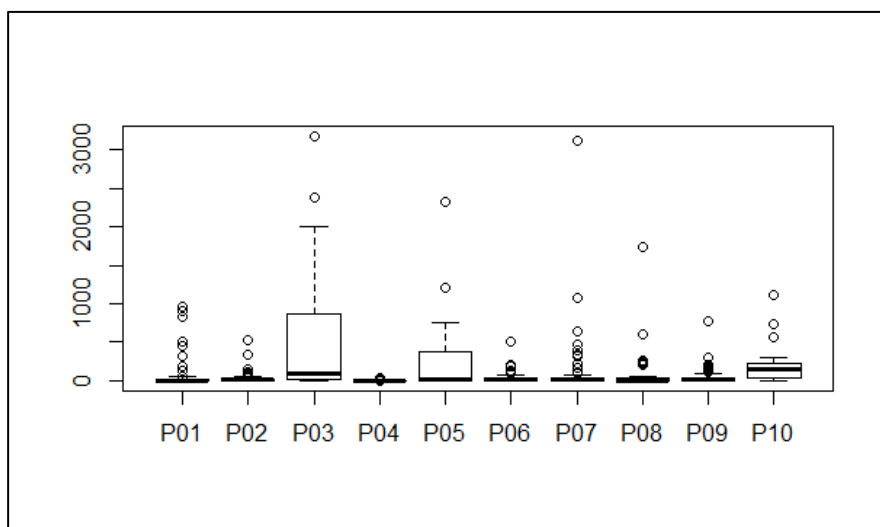


Figura 11. Comportamiento de la biomasa aérea (Kg) por parcela.

Biomasa de raíces y contenido de carbono

A partir de la ecuación se halló que la biomasa de raíces de los bosques de manglar de Bahía Málaga es de $39,47 \pm 22,61 \text{ ton ha}^{-1}$. Asumiendo un factor de conversión de 0,39 tal y como se recomienda en la literatura (Jaramillo *et al.*, 2003), el contenido de carbono almacenado en la biomasa de raíces gruesas es de $15,39 \text{ ton ha}^{-1}$.

En la Figura 12 se observa que los valores de biomasa de raíces gruesas en los bosques de manglar de Bahía Málaga no presentan grandes variaciones entre las parcelas. Las parcelas P03 y P05 son las que presentan mayor variación, al igual que lo observado con la biomasa aérea en estas dos parcelas. Los datos de biomasa tienen una tendencia a presentar valores menores a 100 Kg por individuo, a excepción

Box plot showing the distribution of the number of reads per cell for 10 patients (P01 to P10). The y-axis represents the number of reads, ranging from 0 to 300. The x-axis lists the patients. Each patient has a box plot showing the median, quartiles, and range, with individual data points overlaid. P08 shows a significant outlier above 300 reads.

Calle 51A # 72-23 Int. 601 · Medellín, Colombia · Teléfono 57(4)-230 08 76 · info@carbonoybosques.org

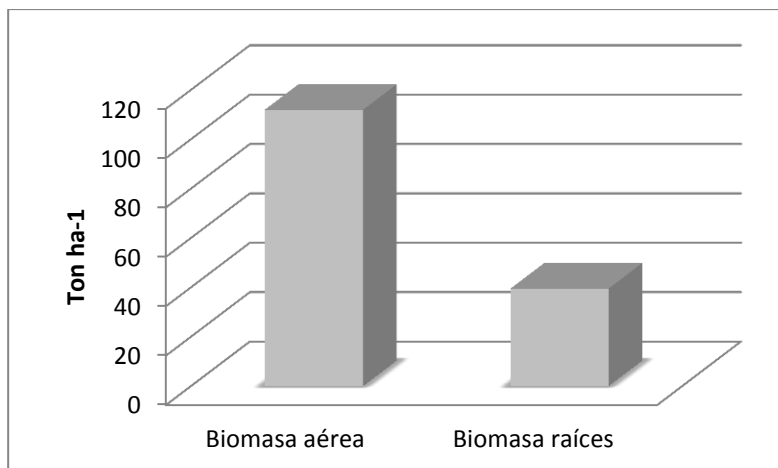


Figura 13. Biomasa aérea y subterránea promedio por hectárea para los manglares de Bahía Málaga.

- Relación por parcela

En la Tabla 6 se encuentra el registro de los valores de biomasa totales por parcela para cada compartimiento (aéreo y subterráneo). La relación (Ba/Br) indica que la cantidad de biomasa aérea puede ser dos e incluso tres veces mayor en algunas parcelas a la cantidad de biomasa subterránea, excepto en la parcela 4 donde la biomasa subterránea es mayor (Figura 14).

Tabla 6. Relación entre la biomasa aérea y la biomasa de raíces gruesas por parcela.

Parcela	Biomasa aérea	Biomasa raíces	Relación (Ba/Br)
P01	5,478	2,028	2,701
P02	2,266	1,083	2,092
P03	14,795	4,150	3,565
P04	0,202	0,223	0,907
P05	6,336	1,855	3,415
P06	2,552	1,265	2,017
P07	9,247	3,276	2,822
P08	3,849	1,342	2,867
P09	5,376	2,521	2,132
P10	5,860	1,993	2,940
Total	55,960	19,737	2,835

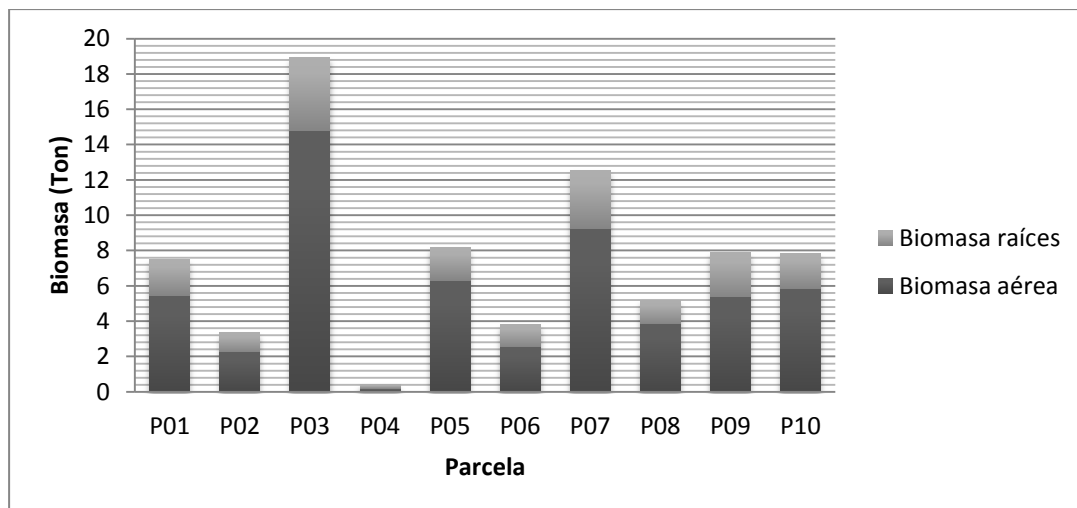


Figura 14. Distribución de la biomasa aérea y subterránea promedio por hectárea en cada parcela para los manglares de Bahía Málaga.

- Relación por especie

En la Figura 15 se encuentran los valores promedios de la proporción de biomasa aérea y subterránea por especie. De las tres especies encontradas en la zona de estudio, *Pelliciera rhizophorae* presenta mayor cantidad de biomasa subterránea respecto a la biomasa aérea, mientras que las dos restantes tienen un comportamiento similar. La biomasa subterránea de *Rhizophora sp* corresponde al 8,5% del promedio de la biomasa total de la especie mientras que en *Pelliciera rhizophorae* corresponde al 37,42%.

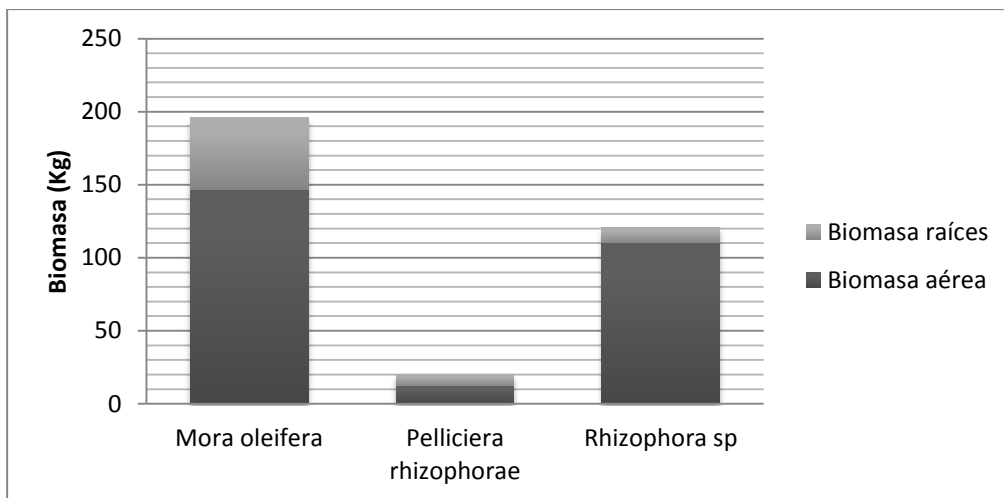


Figura 15. Relación promedio biomasa aérea – subterránea para cada una de las especies presentes en la zona de estudio.

Estimación de los contenidos de carbono de la necromasa

En los manglares de Bahía de Málaga la densidad de la madera obtenida para los árboles muertos en pie fue de $1,007 \pm 0,11 \text{ gr/cm}^3$; para los detritos gruesos de fue de $0,792 \pm 0,19 \text{ gr/cm}^3$ y para los detritos finos fue de $0,565 \pm 0,27/\text{cm}^3$.

Se encontró que la necromasa total presente en los detritos finos, gruesos y en los árboles muertos en pie, es de $11,24 \text{ ton ha}^{-1}$. Los AMP representan el 21,72% con un total de $2,44 \text{ ton ha}^{-1}$, siguen los detritos gruesos con una representación del 65,60% ($7,37 \text{ ton ha}^{-1}$) y por último están los detritos finos con $1,42 \text{ ton ha}^{-1}$, las cuales representan el 12,68% de la necromasa total en los manglares de la zona de estudio (Figura 16).

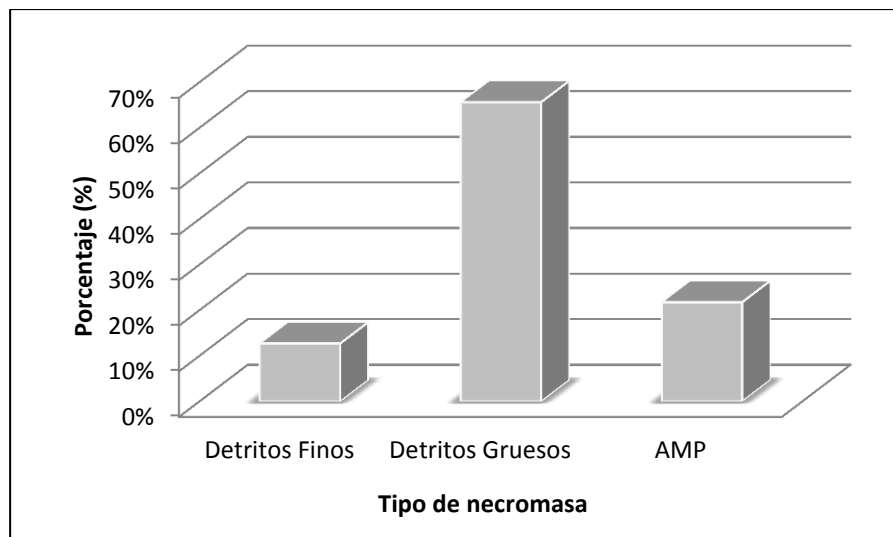


Figura 16. Porcentaje de participación de la necromasa presente en detritos pequeños, detritos gruesos y árboles muertos en pie.

Asumiendo un factor de conversión de 0,5, tal y como se recomienda en la literatura (McDicken, 1977), el contenido de carbono almacenado en la necromasa es de $5,62 \text{ ton ha}^{-1}$. (Figura 17).

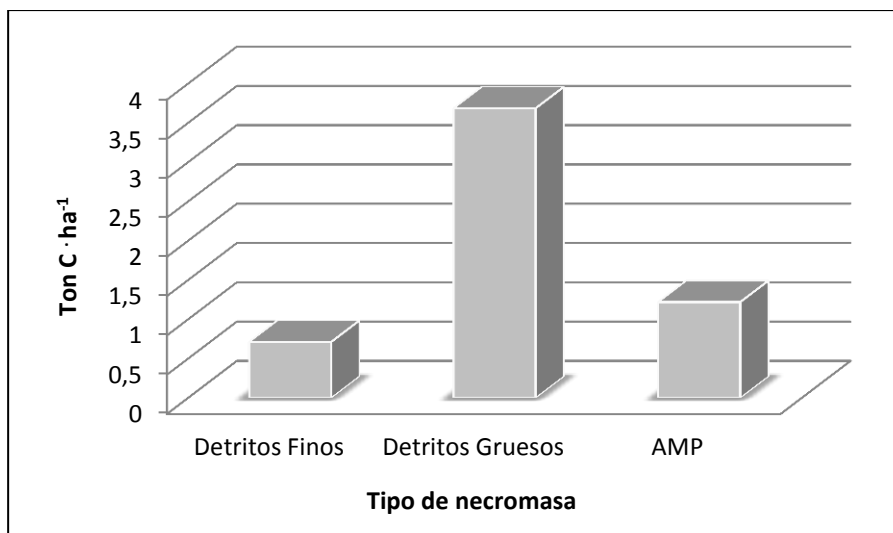


Figura 17. Contenido de carbono (ton C ha^{-1}) presente en detritos pequeños, detritos gruesos y árboles muertos en pie.

Estimación de los contenidos de carbono del suelo

A partir de los resultados de las 90 muestras de las 10 parcelas permanentes establecidas en las áreas de manglar que se encuentran bajo la jurisdicción del Consejo Comunitario La Plata, Bahía Málaga, se determinó que estos bosques pueden almacenar en promedio 136.94 Mg C ha⁻¹ en los primeros 45 cm del suelo. A continuación se presentan los resultados de las variables tomadas en campo.

Carbono orgánico total (COT), porcentaje (%CO) y densidad aparente (Da)

Las tablas muestran los promedios calculados en el laboratorio para cada parcela en cada profundidad.

En la tabla 7 se observa que los valores de densidad aparente (Da) y el porcentaje de carbono orgánico (%CO) a lo largo de los 45 cm evaluados tienen un comportamiento similar. La Da presentó un comportamiento ascendente con la profundidad y sus diferencias están relacionadas con el peso seco de la muestra en cada profundidad. El % CO y el carbono orgánico total (COT) tienen una tendencia descendente respecto a la profundidad, con un aumento en la profundidad de 15-30 y un posterior aumento en los últimos 15 cm.

Tabla 7. Carbono orgánico total (COT), porcentaje de carbono orgánico (%CO) y densidad aparente (Da) para las diferentes profundidades en Bahía Málaga en el año 2014.

Profundidad	COT (Mg.ha ⁻¹)	Da(g.cm ⁻³)	%CO
0-15	46,01	0,45	6,85
15-30	45,41	0,45	6,94
30-50	45,53	0,49	6,51

En la tabla 8 se presentan los resultados de los valores promedios de las variables estudiadas. La parcela P08 es la que tiene el menor COT, seguida por las parcelas P08, P07 y P10 respectivamente. La parcela P01 es la de mayor COT.

Tabla 8. Carbono orgánico total (COT), porcentaje de carbono orgánico (%CO) y densidad aparente (Da) por parcela en Bahía Málaga en el año 2014.

Parcela	COT (Mg.ha ⁻¹)	Da (gr cm ³)	%CO
P01	179,10	0,64	6,63
P02	148,92	0,47	7,07
P03	140,16	0,37	8,37
P04	168,95	0,41	9,23

Parcela	COT (Mg·ha ⁻¹)	Da (gr cm ³)	%CO
P05	88,99	0,43	4,57
P06	141,65	0,67	4,63
P07	114,02	0,36	7,07
P08	110,15	0,40	6,17
P09	159,37	0,47	7,43
P10	118,17	0,41	6,50

Las parcelas P07, P09 y P10 son las únicas que muestran una disminución de la densidad aparente en la profundidad 3 respecto a la profundidad 1, mientras que las otras en general muestran una leve disminución en la profundidad 2 y un aumento en la profundidad 3. En cuanto al % CO las parcelas P01, P03, P04 y P09 presentan un comportamiento descendiente con la profundidad y las parcelas restantes presentan tendencias ascendentes (Tabla 9). Según esta tabla, el comportamiento del COT es determinado por el % CO, a pesar de que la Da no sea la misma para todas las profundidades.

Tabla 9. Carbono orgánico total (COT), porcentaje de carbono orgánico (%CO) y densidad aparente (Da) por parcela, para las diferentes profundidades en Bahía Málaga-Valle en el año 2014.

Parcela	Profundidad	C (Mg·ha ⁻¹)	Da (gr cm ³)	%CO
P01	0-15	72,68	0,57	8,50
	15-30	55,15	0,50	7,30
	30-45	51,27	0,83	4,10
P02	0-15	39,05	0,45	5,80
	15-30	53,12	0,45	7,90
	30-45	56,76	0,50	7,50
P03	0-15	53,52	0,37	9,70
	15-30	42,32	0,36	7,90
	30-45	44,31	0,39	7,50
P04	0-15	61,32	0,37	11,00
	15-30	59,87	0,42	9,60
	30-45	47,76	0,45	7,10
P05	0-15	24,41	0,39	4,20
	15-30	28,76	0,47	4,10
	30-45	35,82	0,44	5,40
P06	0-15	35,15	0,59	4,00

Parcela	Profundidad	C (Mg·ha ⁻¹)	Da (gr cm ³)	%CO
	15-30	59,82	0,74	5,40
	30-45	46,68	0,69	4,50
P07	0-15	35,04	0,40	5,80
	15-30	43,28	0,37	7,90
	30-45	35,70	0,32	7,50
P08	0-15	32,52	0,37	5,80
	15-30	35,23	0,38	6,20
	30-45	42,40	0,43	6,50
P09	0-15	67,94	0,56	8,10
	15-30	39,52	0,41	6,50
	30-45	51,91	0,45	7,70
P10	0-15	38,43	0,46	5,60
	15-30	37,05	0,37	6,60
	30-45	42,69	0,39	7,30

Exploración gráfica del comportamiento de las variables principales por parcela y profundidad

Para comparar las profundidades fueron estandarizadas a un intervalo de 15 cm.

- Carbono orgánico total

Se aprecia una tendencia del COT a aumentar con la profundidad (Figura 18). Los contenidos de COT a mayor profundidad (30-45 cm) tuvieron menor variación, mientras que la de los suelos superficiales (0-15 cm) fue mayor y, en general, el promedio de concentración fue bajo.

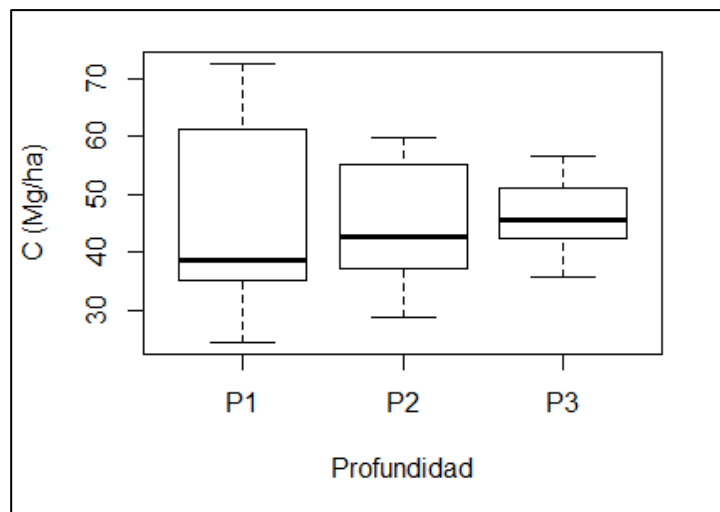


Figura 18. Contenido de carbono orgánico total (Mg/ha) vs profundidad (cm) en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.

Las parcelas 1, 6 y 9 presentaron mayor variación, siendo la 1 y la 9 las de mayor valor, superando los 70 Mg/ha (Figura 19). Las parcelas restantes presentan tendencias a valores más bajos y con menores variaciones, siendo la parcela cinco la de menor valor, con valores inferiores a los 40 Mg/ha. Las parcelas 1 a la 4 y las parcelas 6 a la 10 presentan un comportamiento similar en el valor de sus medianas (resultando en dos grupos).

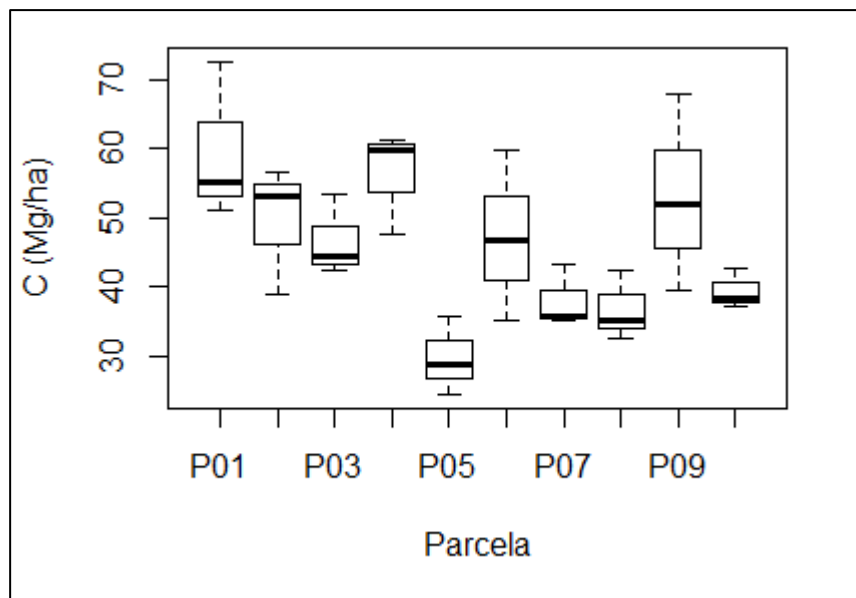


Figura 19. Contenido de carbono orgánico total (Mg/ha) por parcela en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.

- Carbono orgánico (%):

Tuvo una tendencia de la mediana al aumento con la profundidad, siendo el incremento mayor entre 0-15 y 15-30 que entre 15-30 y 30-45 (Figura 20). Los datos en las profundidades 1 y 2 presentaron una mayor variación. La profundidad 1 es la que alcanza mayores porcentajes de CO, mientras que la profundidad 3 presenta un comportamiento contrario.

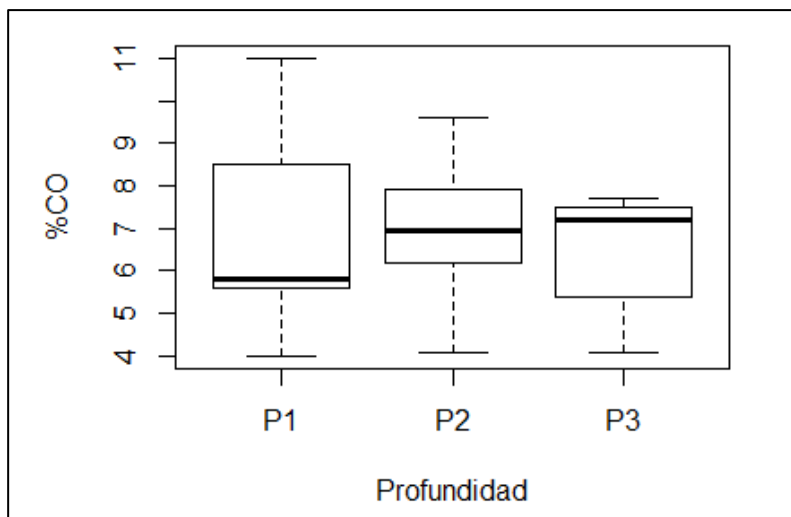


Figura 20. Porcentaje de carbono orgánico (%CO) vs Profundidad (cm) en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.

Las parcelas 1 y 4 presentaron mayor variación, siendo la 4 la que cuenta con los mayores valores de la mediana, superando el 9 % (Figura 21). Las parcelas restantes presentan menores variaciones, siendo la parcela 6 la de menor variación. Las parcelas 5 y 6 son las de menor % CO (< 5%). Las parcelas 1 a la 4 presentan un comportamiento ascendente en el valor de la mediana de sus datos.

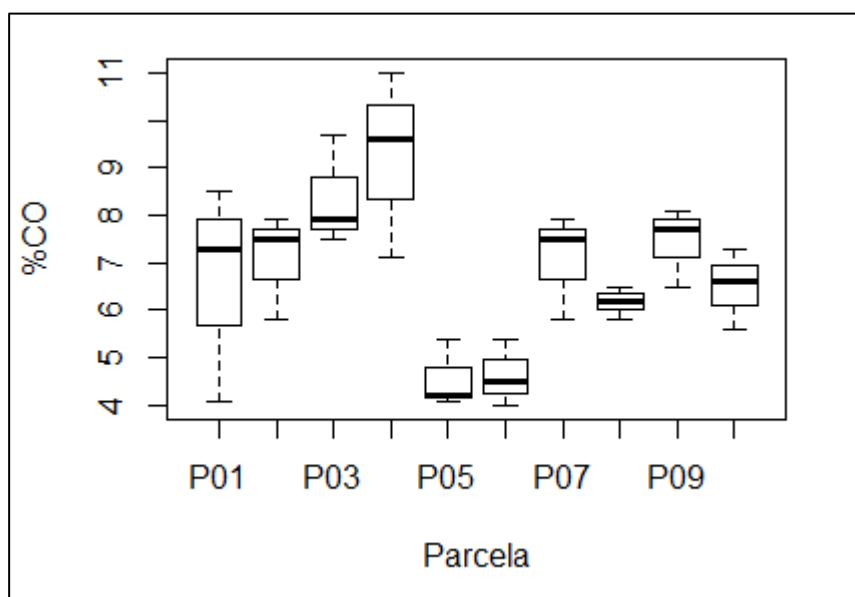


Figura 21. Porcentaje de carbono orgánico (%CO) por parcela en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.

- Densidad aparente:

Se percibe una disminución de la profundidad dos (15-30 cm) respecto a la profundidad uno (0-15 cm) y un aumento en la profundidad tres (15-30 cm) respecto a las otras dos profundidades (Figura 22). En las tres profundidades se observa poca variación, siendo menor en la profundidad dos.

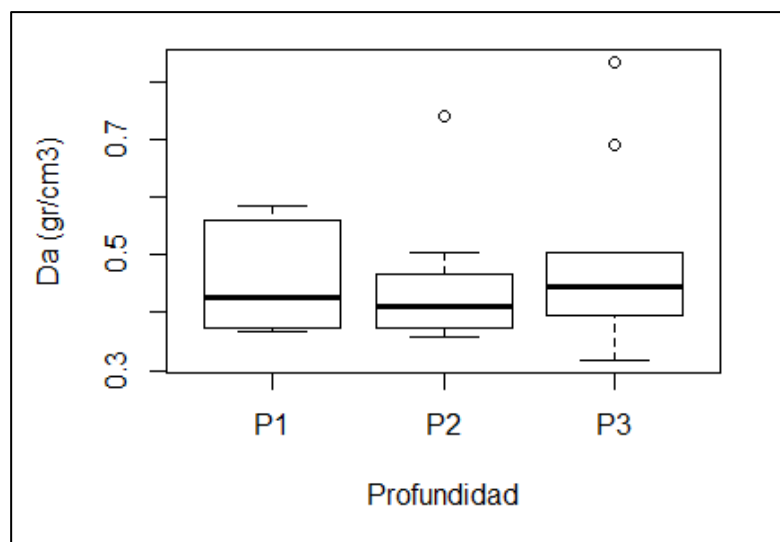


Figura 22. Densidad aparente del suelo (Da) vs Profundidad (cm) en los primeros 45 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.

Las parcelas uno, seis y nueve presentaron mayor variación, siendo las dos primeras las de mayor valor, superando los $0,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, (Figura 23). Las parcelas restantes presentan tendencias a valores más bajos y con menores variaciones, siendo las parcelas tres y siete las de menor valor, con valores inferiores a los $0,4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

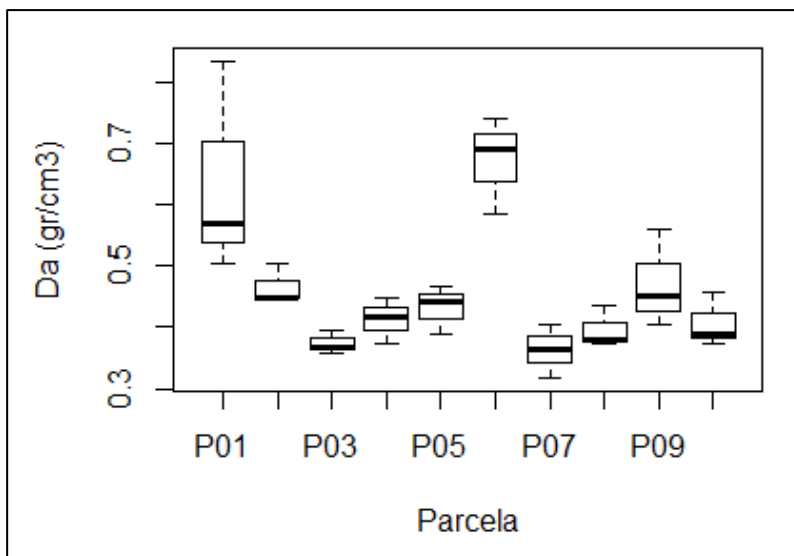


Figura 23. Densidad aparente del suelo (Da) vs Parcela en los primeros 50 cm de suelo de los manglares de Bahía Málaga.

DISCUSIÓN

Caracterización estructural y composición florística de parcelas

Los bosques de manglar en Bahía Málaga presentan una gran variabilidad en su estructura y composición. Según INVEMAR, UNIVALLE e INCIVA (2006) y García (2010) las especies que conforman el ecosistema de manglar en Bahía Málaga son mangle rojo (*Rhizophora sp.*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle negro (*Avicennia germinans*), piñuelo (*Pelliciera rhizophorae*), jeli (*Conocarpus erecta*) y nato (*Mora oleífera*). Las variaciones en el tipo de sustrato condicionan la presencia de las especies de manglar en Bahía Málaga, de la misma manera, la geoforma que ocupan, es un factor importante en su distribución, puede decirse que las especies predominantes en los manglares de borde son *Rhizophora sp.* y *P. rhizophorae* y; en los manglares ribereños aparece *Rhizophora sp.* acompañado por otras especies, como el *L. racemosa*, y *A. germinans* (INVEMAR, UNIVALLE E INCIVA, 2006).

En las diez parcelas establecidas se identificaron solo 3 especies: *Rhizophora sp.*, *M. oleífera* y *P. rhizophorae*. Las especies *M. oleífera* y *P. rhizophorae* son reconocidas como componentes florísticos de manglares con climas lluviosos (Jiménez, 1999), característica del Chocó-biogeográfico. De acuerdo con Jiménez y Soto (1985) *M. oleífera* es abundante en manglares de la costa pacífica, especialmente en el borde interno del manglar o en la parte superior de los estuarios, donde las salinidades son más bajas. Mientras que los rodales de *P. rhizophorae* se forman a lo largo de las bateas consolidadas, en donde el borde con sedimentos inestables está ocupado por *Rhizophora sp.* y la plataforma terciaria erosionada y expuesta a la acción mareal está ocupada por *P. rhizophorae* (INVEMAR, UNIVALLE E INCIVA, 2006). Por otro lado, *Rhizophora sp.*, no se encuentra restringida climáticamente, encontrándose en climas secos y lluviosos (Jiménez, 1999), sin embargo, se ha encontrado que menores concentraciones salinas

en el agua intersticial y aportes considerables de agua dulce a través de caños favorecen el desarrollo de esta especie (Méndez-Linares *et al.*, 2007).

Lamprecht (1990) señala que el análisis basado en la distribución de los individuos por clase diamétrica refleja el estado demográfico de las poblaciones de árboles. La mayoría de las parcelas presenta una tendencia de “j” invertida, patrón que indica una buena reproducción, así como establecimiento e incorporación natural continuos (Bongers *et al.*, 1988), lo cual garantiza la permanencia y estabilidad del bosque.

Respecto a la abundancia de individuos, se han reportado densidades de 1108 a 3125 individuos ha^{-1} (Reserva de la Biosfera Río Celestún, Yucatán – México. Zaldivar *et al.*, 2004) y de 780 a 2421 individuos ha^{-1} (Micronesia, Kauffman *et al.*, 2011), valores cercanos a los reportados en el presente estudio, entre 480 y 2780 individuos/ha, las parcelas con menos de 1.000 individuos ha^{-1} , P03, P05 y P10 (Figura 8), corresponden a aquellas con mayor diámetro y altura (Figura 7, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), INVEMAR, UNIVALLE e INCIVA (2006) mencionan el nato (*M. oleifera*) como especie destacada en Bahía Málaga, pues esta leguminosa es de enorme corpulencia en la zona, alcanzando alturas de 40 a 50 m, dimensiones que concuerdan con lo hallado en el presente estudio y que explican los altos valores de área basal y bajo número de individuos en estas parcelas. Mientras que la parcela con mayor número de individuos fue P04, la cual probablemente corresponde a los “manglares enanos” descritos por INVEMAR, UNIVALLE e INCIVA (2006), manglares que forman parches de pequeñas extensiones en medio de los acantilados, esta condición de asentarse en sustratos relativamente duros explica su escaso desarrollo.

En cuanto al área basal, para Bahía Málaga se encontró un promedio de $11,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, similar a lo reportado por Rodríguez *et al.* (2004) en el Manglar de Bahía de Chengue, Caribe Colombiano, $17,3 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Sin embargo, estos reportes se encuentran considerablemente por debajo de lo encontrado en otros países, en el manglar Río Celestún (Zaldivar *et al.*, 2004) se reportan áreas basales entre $23,6$ y $41,5 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, Meléndez *et al.* (2006) en el Archipiélago de Sabana Camaguey, Cuba encontraron valores muy altos de área basal, hasta $59,02 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Por otro lado, los bajos porcentajes de helecho encontrados en este estudio se pueden deber a la formación de pequeños claros, ya que se ha considerado el establecimiento de estos en sitios expuestos a la luz solar (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** *et al.*, 1990); o bien, a la presencia de agua dulce casi todo el año (Pinto-Nolla, 1999).

Como se mencionó anteriormente, las 10 parcelas permanentes establecidas en los bosques de manglar de Bahía Málaga presentan una gran variabilidad, lo cual indica la necesidad de aumentar el muestreo de tal forma que se obtenga una representación adecuada de esta.

Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa

Biomasa aérea

Según Lacher (1977) la biomasa aérea de los manglares oscila entre 100 y 200 ton ha^{-1} , rango en el cual se encuentra el valor estimado en el presente estudio, $111,92 \text{ ton ha}^{-1}$. Los valores encontrados en el presente estudio (Pacífico Colombiano) son menores con respecto a los encontrados en la Bahía de Cispatá (Caribe Colombiano), lo cual puede atribuirse a que a pesar de que algunas parcelas

presentaban bosques más desarrollados que en el Caribe, los bosques de porte bajo como es el caso de *Pelliciera rhizophorae* afectan los valores promedio del bosque.

Fromard *et al.* (1988) plantea que las diferencias en biomasa aérea de los bosques de manglar están relacionadas con factores ecológicos que limitan el desarrollo de los manglares, los bajos valores de biomasa en los manglares enanos se deben a las condiciones donde estos se localizan, particularmente la alta salinidad que limita el crecimiento de los manglares. Por otro lado, Fromard *et al.* (1988) señala que el alto valor de biomasa aérea reportada para los manglares maduros de la Península de Yucatán indica que estos no presentan ningún factor ecológico que pueda limitar su desarrollo.

- Contenido de carbono

Los datos de carbono en la biomasa aérea reportados para diferentes bosques de manglar muestran marcadas diferencias (Tabla 10), las mayores cantidades de carbono ($197,6 \text{ ton ha}^{-1}$) han sido reportadas por Donato *et al.* (2011) en los manglares oceánicos del Indopacífico, mientras que los menores valores, $2,5 \text{ ton ha}^{-1}$, se reportan para los manglares enanos en la península de Yucatán, México (Adame *et al.*, 2013). Las grandes variaciones en el contenido de carbono de los manglares se deben a las diferencias estructurales y florísticas entre los bosques (Adame *et al.*, 2013), los manglares enanos son bosques dominados por *R. mangle*, aunque presentan una gran densidad de individuos, su bajo porte (altura < 1,5 m) genera que estos sean los bosques con menor contenido de carbono.

Tabla 10. Carbono y biomasa aérea reportados para diferentes bosques de manglar.

Ubicación	Tipo de bosque	Especie Dominante	B. aérea (ton ha^{-1})	Carbono (ton ha^{-1})	Autor
Bahía Málaga	Manglar/ estuario	<i>R. mangle</i>	111,92	55,96	Presente estudio
Bahía de Cispatá, Colombia	Manglar/ estuario	<i>R. mangle</i>	122,2	61,1	Sin publicar
China	Manglar / Estuario	<i>Avicennia corniculatu</i>	5,57	2,785	Liu <i>et al.</i> , 2014
		<i>S. apetala</i>	506,25	253,125	
		<i>B. gymnorrhiza</i>	425,64	212,82	
		<i>B. sexangula</i>	417,75	208,875	
		Promedio del bosque	188,03	94,015	
Sian Ka'an, Península de Yucatán, México	Manglar alto (> 5 m)	<i>Laguncularia racemosa</i>	176,2	84,6	Adame <i>et al.</i> , 2013

Ubicación	Tipo de bosque	Especie Dominante	B. aérea (ton ha ⁻¹)	Carbono (ton ha ⁻¹)	Autor
Sian Ka'an, Península de Yucatán, México	Manglar alto (> 5 m)	<i>R. mangle</i>	144,9	69,6	Adame <i>et al.</i> , 2013
Sian Ka'an, Península de Yucatán, México	Manglar mediano (3-5 m)	<i>R. mangle</i>	114,2	54,8	Adame <i>et al.</i> , 2013
Sian Ka'an, Península de Yucatán, México	Manglar enano (< 1,5 m)	<i>R. mangle</i>	5,3	2,5	Adame <i>et al.</i> , 2013
Sundarbans, India	Manglar/ estuario	<i>Avicennia marina</i>	93,7	49,5	Ray <i>et al.</i> , 2010
Indopacífico	Manglar/ estuario	<i>Bruguiera</i> , <i>Rhizophora</i> y <i>Sonneratia</i>	203,4	101,7	Donato <i>et al.</i> , 2011
Indopacífico	Manglar oceánico	<i>Bruguiera</i> , <i>Rhizophora</i> y <i>Sonneratia</i>	395,2	197,6	Donato <i>et al.</i> , 2011
Guyana Francesa	Manglar pionero (2-3 años)	<i>Laguncularia racemosa</i>	31,5	15,75	Fromard <i>et al.</i> 1998
Guyana Francesa	Manglar maduro (50 años)	<i>A.germinans</i>	180	90	Fromard <i>et al.</i> 1998
Guyana Francesa	Manglar maduro (60-70 años)	<i>A.germinans</i> , <i>R. mangle</i>	315	157,5	Fromard <i>et al.</i> 1998

Por otro lado, los reportes de Donato *et al.* (2011) para los manglares oceánicos del Indopacífico fueron determinados a partir de datos tomados en sitios con una gran variación en composición y altura, incluyendo bosques con altura inferior a 4 m hasta zonas con alturas superiores a 15 m, sin embargo, aproximadamente la mitad de los sitios muestreados para la estimación de biomasa correspondían a bosques altos (altura > 15 m).

El contenido de carbono encontrado para los bosques de manglar de Bahía Málaga, 55,96 ton ha⁻¹, se encuentra por debajo de los valores promedio reportados para los bosques de manglar. Presenta un valor similar al hallado por Adame *et al.* (2013) para los bosques de manglar mediano (3-5 m) en la península de Yucatán, México, 54,8 ton ha⁻¹ y al hallado por Ray *et al.* (2010) para los bosques de

estuario en Sundarbans, India, 49,5 ton ha⁻¹ (Tabla 7). Esta situación posiblemente refleja la alta incidencia de los parcelas correspondientes a manglares enanos dentro de la muestra. Esta alta variabilidad refleja la necesidad de aumentar el tamaño de la muestra, con el objetivo de tener la representatividad adecuada de cada uno de los tipos de manglar y por tanto tener una menor incertidumbre en la estimación.

Biomasa subterránea

La Tabla 11 compara los valores de biomasa subterránea hallados para los bosques de manglar de Bahía Málaga con los valores reportados por otros autores en diversos estudios. La biomasa subterránea de los bosques de Bahía Málaga presentan valores similares a los reportados por Wang *et al.*, (2013) en el sur de China para *A. marina* y *S. apelata*, 20,38 y 28,28 Ton·ha⁻¹ respectivamente y a los reportados por Pongparn (2003) en Tailandia y a los bosques de tierra firme en las Islas de Yap, Micronesia (Donato *et al.*, 2012). Los valores por especie corresponden más a los encontrados para plantaciones de manglar en el sureste de China (Chen *et al.*, 2012). Los valores de *Rhizophora sp* son similares a los reportados en Tailandia por Tamai *et al.*, 1986 para el mismo género (11,76 Ton·ha⁻¹).

Es importante resaltar que muchos estudios utilizan la ecuación propuesta por Komiyama *et al.* (2008) para estimar los contenidos de biomasa subterránea. Dicha ecuación tiene la particularidad de incluir las raíces aéreas del género *Rhizophora* dentro de la estimación. A diferencia de lo realizado en este estudio (donde se calculó la proporción de raíces aéreas en la muestra y fue descontado de la estimación final de biomasa subterránea), muchos otros dejan incluidas este tipo de raíces dentro del compartimiento, lo que puede hacer que los estimados de dichos estudios sean mayores que los nuestros.

Tabla 11. Biomasa de raíces y biomasa aérea reportada para diferentes bosques de manglar.

Ubicación	Tipo de bosque	Biomasa de raíces	Biomasa aérea	(Ba/Br)	Autor
Sureste de Ranong - Tailandia	<i>Rhizophora sp</i>	11,76	281,2	23,91	Tamai <i>et al.</i> , 1986 (Tomado de Komiyama <i>et al.</i> 2008)
Halmahera - Indonesia	<i>Sonneratia sp</i>	38,5	169,1	4,39	Komiyama <i>et al.</i> , 1988 (Tomado de Komiyama <i>et al.</i> 2008)
Sureste Satun - Tailandia	<i>C. tagal</i>	87,5	92,2	1,05	Komiyama <i>et al.</i> , 2000 (Tomado de Komiyama <i>et al.</i> 2008)
Sureste de Pagn-nga - Tailandia	Bosque de manglar mixto	28	62	2,21	Pongparn, 2003 (Tomado de Komiyama <i>et al.</i> 2008)
Islas de Micronesia	Yap				Donato <i>et al.</i> , 2012
	Sabana	0,7	3	4,29	
	Bosque de tierra firme	21	124	5,90	
	Manglar	203	249	1,23	
	Palau				
	Sabana	0,1	0,5	5,00	

Ubicación	Tipo de bosque	Biomasa de raíces	Biomasa aérea	(Ba/Br)	Autor
	Bosque de tierra firme	37	204	5,51	
	Manglar	68	101	1,49	
Sureste de China	Plantación de manglar <i>S. caseolaris</i>	8,64	22,8	2,64	Chen <i>et al.</i> , 2012
	Plantación de manglar <i>S. apeolata</i>	4,04	14,7	3,64	
	Plantación de manglar mixta	8,76	17,7	2,02	
Caribe Mexicano	Isla Pitaya	126,6	176,2	1,39	Adame <i>et al.</i> , 2013
	Cayo culebra	147,2	144,9	0,98	
	Hualaxtoc	78	105	1,35	
	Laguna negra	71,6	114,2	1,59	
	Xamach	8,7	3	0,34	
	La Raya	19	7,1	0,37	
Sur de China	<i>A. marina</i>	20,38	40,01	1,96	Wang <i>et al.</i> , 2013
	<i>S. apelata</i>	28,28	153,23	5,42	
	<i>A. corniculatum</i> + <i>K. obovata</i>	38,88	97,17	2,50	
	<i>B. gymnorrhiz</i>	57,23	148,71	2,60	
	<i>R. stylosa</i>	114,55	270,59	2,36	
Bahía Málaga - Colombia	<i>Mora oleífera</i>	9,34	27,87	2,98	Presente estudio
	<i>Pelliciera rhizophorae</i>	11,55	19,32	1,67	
	<i>Rhizophora sp</i>	8,83	94,98	10,75	
	Valores promedio del bosque	22,62	81,95	3,62	

Relación biomasa aérea-subterránea

El radio biomasa aérea/biomasa raíces (Ba/Br) es un estándar para conocer el patrón de la biomasa (Komiya *et al.*, 2000). Los valores promedios para esta variable resultan ser menores a los encontrados por otros autores (Tabla 8). Sin embargo, al evaluarlos por especie pueden encontrarse similitudes con los encontrados por Wang *et al.*, (2013) en el sur de China, por Adame *et al.*, (2013) en los manglares medios del Caribe Mexicano, por Chen *et al.*, (2012) en plantaciones de manglar del sureste de China y por Donato *et al.*, (2012) en los manglares de las islas de Micronesia. Los valores de este radio para la especie *Rhizophora sp* pueden no corresponder con los encontrados por otros autores al no incluir las raíces aéreas en este estudio.

Estimación de los contenidos de carbono de la necromasa

Este ecosistema obtuvo una biomasa aérea de $111,92 \text{ ton ha}^{-1}$, y una necromasa total de $11,24 \text{ ton ha}^{-1}$, lo cual muestra que la masa muerta representa un 9,1% del total de la masa (biomasa + necromasa) presente en los manglares de Bahía Málaga. Los datos encontrados en este estudio no reflejan la importancia que tiene la cuantificación de la necromasa presente en los detritos y en los árboles muertos en pie, tal y como han encontrado otros autores (Kauffman y Cole, 2010; Harmon y Sexton, 1996), debido a que la presencia de detritos no es tan abundante. Adam *et al.* (2013) encontró en paisajes Kársticos de la península de Yucatán que la necromasa de detritos pequeños y gruesos en los manglares varió desde 7 ton ha^{-1} hasta $25,7 \text{ ton ha}^{-1}$ con un promedio de $16,7 \text{ ton ha}^{-1}$, el cual es un valor dentro del cual se encuentran los detritos encontrados en el presente estudio ($8,79 \text{ ton ha}^{-1}$). Por otro lado Kauffman & Cole (2010) en un estudio realizado en los manglares de Yan en los Estados Federales de Micronesia después de un tifón, encontraron valores de detritos finos máximos de $9,8 \text{ ton ha}^{-1}$ y mínimos de $5,9 \text{ ton ha}^{-1}$ y para detritos gruesos encontraron valores entre $10,1 \text{ ton ha}^{-1}$ y $42,5 \text{ ton ha}^{-1}$. Los valores de estos estudios son superiores a los encontrados en este estudio ($1,42$ y $7,37 \text{ ton ha}^{-1}$ para detritos finos y gruesos respectivamente). Estas diferencias pueden deberse principalmente a las características estructurales particulares de cada tipo de manglar y a las presiones naturales o antrópicas ejercidas sobre este, tal y como lo reportan Kauffman y Cole (2010) los cuales experimentaron condiciones extremas debido al tifón ocurrido 4 meses antes de la investigación.

Existen algunos estudios sobre el volumen de detritos de manglares que han experimentado algún tipo de perturbación natural, como tifones o huracanes. Estos arrojan valores considerablemente más altos que los obtenidos en el presente estudio ($18,30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Por ejemplo Krauss *et al.* (2005) encontraron en los manglares del sur de Florida volúmenes de $67 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (desde 13 - $181 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) midiendo detritos desde 1cm de diámetro. Por otro lado Allen *et al.* (2000) encontraron volúmenes de $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en los manglares de Yan. Dicha diferencia se explica por las condiciones propias de cada sitio, específicamente, de los eventos extremos que han experimentado los manglares ejemplificados; en contraste, los manglares objeto de este estudio no han sufrido ningún evento extremo en los últimos años, ni presentan intervenciones antrópicas importantes. Las diferencias en el estado de descomposición de los detritos juegan un papel importante en la cuantificación de la necromasa ya que como lo sugieren Kauffman y Cole (2010) es muy diferente la cuantificación de los detritos con un alto grado de descomposición a los detritos recién caídos después de un evento extremo.

Estimación de los contenidos de carbono del suelo

Carbono total

El contenido promedio en los manglares de Bahía Málaga ($136.94 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1}$) se encuentra en el rango de contenidos de carbono encontrados por otros autores en algunos manglares a nivel global (Tabla 12). Comparado con los contenidos de carbono encontrados en Nayarit (México) para 20 cm por Valdés *et al.* (2010) (81.4 - $96.6 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1}$) o en manglares de borde de la Bahía de Cispata (Caribe colombiano), los manglares de Málaga tienen una capacidad de almacenamiento mayor; caso contrario a los encontrados por otros autores, como es el caso de Donato *et al.*, 2012 en el Pacífico tropical por ($692,5 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1}$) y por Adame *et al.* (2013) en México ($837 \text{ Mg C} \cdot \text{ha}^{-1}$). Con las comparaciones anteriores es importante tener en cuenta que muchos datos de contenido de carbono están dados a profundidades mayores o menores a las usadas por este estudio.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ECOSISTEMAS Y CAMBIO
GLOBAL



Tabla 12. Carbono orgánico total (COT), carbono orgánico (%CO) y densidad aparente (Da) encontrados por diferentes autores en manglares y otros ecosistemas.

Lugar	Tipo	CO (%)	Da	COT (Mg·ha ⁻¹)	Autor	Profundidad (cm)
Bahía Málaga (Pacífico Colombiano)	-	6,76	0,46	141,085		45
Bahía de Cispatá (Caribe Colombiano)	Cuenca	18,89	0,8	680,04		45
	Borde	9,47	0,17	72,4455		
Ciénaga Grande de Santa Marta (Colombia)	RIN		0,742		Cardona <i>et al.</i> (1998)	0-20
	CAR	-	0,742	-		
	HON		0,176			
Manglares península de Yucatán (México)	Altos		-	837	Adame <i>et al.</i> (2013)	>100
	Medios	-	-	536,5		
	Enanos			373		
Pacífico tropical: islas Yap y Palau (Oceanía)	Sabanas			172	Donato <i>et al.</i> (2012)	100
	Bosques de tierra firme	-	-	196,5		
	Manglares			692,5		
Indopacífico	Manglares	-	-	247,5	Donato <i>et al.</i> (2011)	50
Manglares de Tabasco (México)	<i>R. mangle</i>	23,83	0,22	471,9	Moreno <i>et al.</i> (2002)	90
	<i>A. germinans</i>	49,33	0,09	443,25		100
Isla del Carmen (México)	Estero-Pargo	11.25	0.89	241.35	Moreno <i>et al.</i> (2010)	60
	Bahamitas	10.24	0.83	263.5		
Manglares Nayarit (México)	<i>A. germinans</i>			81,4	Valdés <i>et al.</i> (2010)	20
	<i>R. mangle</i>	-	-	81,5		
	<i>L. racemosa</i>			96,6		
Sureste de China	Plantado			288	Zhang <i>et al.</i> (2012)	100
	Natural	-	-	170		
	Sin manglar			90		

Carbono orgánico (%)

P04 fue la parcela con mayores porcentajes de carbono orgánico. Mientras que las parcelas P05 y P06 fueron las de menor porcentaje. Las parcelas P01, P03, P04 y P09 presentaron una tendencia descendente al aumentar la profundidad, tal y como ha sido reportado en la literatura (Adame *et al.*, 2013; Donato *et al.*, 2011; 2012), mientras que las parcelas restantes presentaron un comportamiento inverso. Teniendo en cuenta que los resultados de la literatura han sido producto de muestreos de mayores profundidades. Comparando los porcentajes de CO promedio encontrados en el área de estudio con lo reportado por otros autores (Ver tabla 4), se observa que son mucho menores; solo tienen similitudes con los valores reportados por Moreno *et al.* (2010) en los manglares de Isla del Carmen (México).

Densidad aparente:

La parcela 06 es la que presenta la mediana más alta, lo cual puede ser el reflejo de la alta cantidad de fragmentos rocosos presentes en la zona. La densidad aparente en los manglares estudiados no corresponde a los resultados observados por otros autores, al no presentar una tendencia de aumento con la profundidad que es la que ha sido reportada por autores en manglares del Indopacífico (Donato *et al.*, 2011), de islas de Micronesia (Donato *et al.*, 2012) y del Caribe mexicano (Adame *et al.*, 2013). El promedio de la densidad aparente de estos bosques ($0,46 \text{ gr cm}^{-3}$) corresponde a valores intermedios respecto a los encontrados en otros estudios (Ver tabla 4).

RECOMENDACIONES

A partir de los datos dasométricos colectados en las parcelas, fue calculado el error de muestreo logrado con el tamaño actual de muestra. Dicho error de muestreo supera el 30%, teniendo en cuenta la variabilidad estructural presente en la zona, debida a la presencia de diferente tipos de manglares.

Para lograr una estimación confiable de los contenidos de carbono y así mismo para dar cumplimiento a los requisitos de los estándares de carbono, se hace necesario reducir dicho error por lo menos al 15%. Para lograr este objetivo, se hace necesario aumentar el tamaño de la muestra en 35 parcelas más, obteniendo de este modo para la zona de estudio una muestra total de 45 parcelas de 500 m^2 .

BIBLIOGRAFIA

- Adame M.F., Kauffman J.B., Medina I., Gamboa J.N., Torres O., Caamal, J.P., Reza, M., Herrera-Silveira, J.A. 2013. Carbon Stocks of Tropical Coastal Wetlands within the Karstic Landscape of the Mexican Caribbean. PLoS ONE 8(2): e56569. doi:10.1371/journal.pone.0056569.
- Allen J., Ewel K., Keeland B. Tara T and Smith T. 2000. Downed wood in Micronesian mangrove forests. Wetlands 20:169–176.
- Alongi, D.M. 2002. Present state and future of the world's mangrove forests. Environmental Conservation 29: 331–349.
- Alongi, D.M., 2007. *The contribution of mangrove ecosystems to global carbon cycling and greenhouse gas emissions* en: Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T. 2008. *Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review*. Cyril Marchand e Aquatic Botany 89. 201–219.
- Barbier, E. B., Koch, E. W., Silliman, B. R., Hacker, S. D., Wolanski, E., Primavera, J., ... & Reed, D. J. 2008. Coastal ecosystem-based management with nonlinear ecological functions and values. *Science*, 319(5861), 321-323.
- Bongers F., Popma J., Meave del Castillo J., y Carabias J. 1988. *Structure and floristic composition of the low and rain forest of Los Tuxtlas, México*. *Vegetatio* 74: 55-80.
- Bouillon, S. 2011. *Storage beneath mangroves*. Nature Geoscience. Vol 4. P282-283
- Bouillon, S., Rivera-Monroy, V. H., Twilley, R. R., Kairo, J. G. 2009. Mangroves, in The Management of Natural Coastal Carbon Sinks (eds Laffoley, D. & Grimsditch) (IUCN).
- Campbell, D.S., Henshall J.K. 1991. Bulk density. Soil analysis physical methods. K. A. Smith y C. E. Mullis (editores). Books in soils, plants, and the environment. Chap. 7. Marcel Dekker. Inc. Nex York. Pp: 329-336.
- Carbono & Bosques. 2013. Centro de Investigación en Ecosistemas y Cambio Global. Línea base de existencias de carbono y establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo. *Proyecto "Diseño e Implementación del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia GEF – SAMP"* Contrato de Consultoría C- 003.12. Informe de Avance 2.
- Cardona, P.; Botero, L. 1998. Soil Characteristics and Vegetation Structure in a Heavily Deteriorated Mangrove Forest in the Caribbean Coast of Colombia. Biotropica, 30(1): 24-34.
- Castañeda-Moya, E. Twilley, RR. Rivera-Monroy, V. 2013. Allocation of biomass and net primary productivity of mangrove forests along environmental gradients in the Florida Coastal Everglades, USA. Forest Ecology and Management 307: 226–241.
- Chave J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, A., Chambers, J.Q., Eamus, F. H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B. & Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests Oecologia 145: 87–9
- Chen, L., Zeng, X., Tam, N. F., Lu, W., Luo, Z., Du, X., & Wang, J. (2012). Comparing carbon sequestration and stand structure of monoculture and mixed mangrove plantations of *Sonneratia caseolaris* and *S. apetala* in Southern China. *Forest Ecology and Management*, 284, 222-229.
- Curtis, J. T. y R. P. McIntosh. 1951. *An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Winsconsin*. *Ecology* 32: 476–496.
- CVS - INVEMAR. 2010. Plan Integral de Manejo DMI Cispatá - La Balsa - Tinajones y sectores aledaños (p. 141).
- CVS, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge – IAvH, Instituto Alexander Von Humboldt. 2006. Delimitación y formulación de un distrito de Manejo Integrado de los Recursos naturales (DMI) de los manglares de la bahía de Cispatá, Tinajones, La Balsa y sectores aledaños. IAvH y CVS, convenio 026. Montería. 299 p.

- Donato DC, J.B. Kauffman, R.A. Mackenzie, A. Ainsworth, A.Z. Pfleeger. 2012. Whole-island carbon stocks in the tropical Pacific: Implications for mangrove conservation and upland restoration. *Journal of Environmental Management* 97: 89-96.
- Donato, D., Kauffman, B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. 2011. *Mangroves among the most carbon-rich forest in the tropics*. *Nature geoscience*. Vol 4. P 283-288.
- Duke NC, Meynecke J-O, Dittmann S, Ellison AM, Anger K, et al. 2007. A world without mangroves? *Science* 317: 41-42.
- Duke, N.; J.-O. Meynecke, S. Dittmann, A. M. Ellison, K. Anger, U. Berger, S. Cannicci, K. Diele, K. C. Ewel, C. D. Field, N. Koedam, S. Y. Lee, C. Marchand, I. Nordhaus, F. Dahdouh-Guebas. 2007. A World without Mangroves? *Science*, 317: 41-42.
- Ewel, K.C., Bourgeois, J.A., Cole, T.G., Zheng, S., 1998. Variation in environmental characteristics and vegetation in high-rainfall mangrove forests, Kosrae Micronesia. *Global Ecol. Biogeogr. Lett.* 7, 49-56.
- Fratini, S., Cannicci, S., Vannini, M., 2000. *Competition and interaction between Neosarmatium meinerti (Crustacea: Grapsidae) and Terebraliapalustris (Mollusca: Gastropoda) in a Kenyan mangrove*. *Mar. Biol.* 137, 309-316.
- Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J.L., Cadamuro, L. 1998. Structure, above ground-biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia* 115(1): 39-53.
- García, C. 2010. Diagnóstico de las áreas marinas y costeras protegidas, y de las áreas de manejo en el Pacífico colombiano. Fundación MarViva, Colombia. 65 pp.
- Gil-Torres, W. Y Ulloa-Delgado, G. 2001. Caracterización, diagnóstico de los manglares del departamento de Córdoba. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge. Montería. 195 p.
- Harmon, M. E and Sexton, J. 1996. *Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems*. U.S. LTER Network Office. pp 73.
- INVERMAR, UNIVALLE E INCIVA. 2006. BIOMÁLAGA: Valoración de la biodiversidad marina y costera de Bahía Málaga (Valle del Cauca), como uno de los instrumentos necesarios para que sea considerada un área protegida. Cali, Colombia. Inf. Cient. Fin. INVERMAR-UNIVALLE-INCIVA, 813 p.
- Jiménez, J. A. 1999. Ambiente, distribución y características estructurales en los Manglares del Pacífico de Centro América: Contrastes climáticos, p. 51-70. In: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínguez (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.
- Jiménez, J. A. y Soto, R. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la Costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trap.*, 33(1): 25-37.
- Kauffman J. B. y Donato D.C. 2012. Protocols for measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. Working paper 86. CIFOR. Bogor, Indonesia.
- Kauffman, J.B. and Cole. T. 2010. Micronesian mangrove forest structure and tree response to a severe typhoon. *Wetlands* 30: 1077-1084.
- Kauffman, J.B., Heider, C., Cole, T.G., Dwire, K.A., Donato, D.C. 2011. *Ecosystem Carbon Stocks of Micronesian Mangrove Forests*. *Wetlands* 31: 343-352.
- Komiyama, A., Havanond, S., Srisawatt, W., Mochida, Y., Fujimoto, K., Ohnishi, T., ... & Miyagi, T. (2000). Top/root biomass ratio of a secondary mangrove (< i> Ceriops tagal</i> (Perr.) CB Rob.) forest. *Forest ecology and management*, 139(1), 127-134.
- Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongparn, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 128-137.
- Krauss KW, Twilley RR, Smith TJ, Whelan KRT, Sullivan JK. 2005. Woody debris in the mangrove forests of south Florida. *Biotropica* 37:9-15

- Krauss, K. W., J. A. Allen, and D. R. Cahoon. 2003. Differential rates of vertical accretion and elevation change among aerial root types in Micronesian mangrove forests. *EstuarineCoast. ShelfSci.* 56: 251-259.
- Laffoley D d'A, Grimsditch G. 2009. The management of natural coastal carbon sinks. Gland, Switzerland.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas: posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Deutsche Geesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). A. Carrillo (trad.). Rosdorf, Alemania. 335 p.
- Larcher, W., 1977. *Ecofisiología vegetal*. Omega, España. 305 p.
- Liu, H., Ren, H., Hui, D., Wang, W., Liao, B., & Cao, Q. (2014). Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forests of China. *Journal of environmental management*, 133, 86-93.
- Lovelock, C.E., Ruess, R.W., Feller, I.C. 2011. CO₂ efflux from cleared mangrove peat. *PloS one* 6: e21279.
- Lugo, A. & S. Snedaker. 1974. The Ecology of Mangroves. *Ann. Rev. Ec. Sys.* 5: 39-64
- McDicken, K.G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program, Virginia, EEUU. pp. 87
- Medina, E., E. Cuevas, M. Popp, A. E. Lugo. 1990. *Soil salinity, sun exposure, and growth of Acrostichum aureum, the mangrove fern*. *Botanical Gazette*: 151(1): 41-49.
- Méndez-Linares, A. P., J. López-Portillo, J. R. Hernández-Santana, M. A. Ortiz-Pérez, O. Oropeza-Orozco. 2007. *The mangrove communities in the Arroyo Seco deltaic fan, Jalisco, Mexico, and their relation with the geomorphic and physical-geographic zonation*. *Catena* 70: 127-142.
- Menéndez, L; Guzmán, J; Capote, R; Gómez, R; Sotillo, A.2002. Estructura de los bosques de mangle en Cuba. En: *Ecosistemas de Manglar en el Archipiélago Cubano*. Editorial Academia. p. 70-89.
- Moreno, E. Guerrero, A. Gutiérrez, M.C. Ortiz, C.A. Palma, D.J. 2002. Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. *Revista Madera y Bosques*, año/vol. 8, número Especial 1. Instituto de Ecología A.C. Xalapa. México. P. 115-128.
- Moreno, GJ. Cerón, JG. Cerón, RM, Guerra, JJ. Amador, LE. Endañú, Esthela. 2010. Estimación del potencial de captura de carbono en suelos de manglar de Isla del Carmen. *Unacar Tecnociencia*.
- Nellemann C, Corcoran E, Duarte CM, Valdes L, De Young C, *et al*. 2009. Blue Carbon. The role of healthy oceans in binding carbon. A rapid response assessment. United Nations Environmental Program, GRID-Arendal, Norway. 79p.
- Pinto-Nolla, F. 1999. Sucesión y fisionomía de los manglares de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 23: 141-161.
- Prasad, M. B., Ramanathan A.L.. 2008. Sedimentary nutrient dynamics in a tropical estuarine mangrove ecosystem. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80: 60-66.
- Ray, R., Ganguly, D., Chowdhury, C., Dey, M., Das, S., Dutta, M.K., Mandal, S.K., Majumder, N., De, T.K., Mukhopadhyay, S.K., & Jana, T.K. 2010. Carbon sequestration and annual increase of carbon stock in a mangrove forest. *Atmospheric Environment* 45 (2011) 5016-5024
- Robertson, G. Philip, *et al*. Standard soil methods for long-term ecological research. Oxford University Press, 1999.
- Rodríguez, A., Nivia-Ruíz, J., Garzón-Ferreira, J. 2004. Características estructurales y funcionales del manglar de *Avicennia germinans* en la Bahía de Chengue (Caribe colombiano). *Investigaciones Marinas y Costeras* 33(1): 223-244.
- Saldarriaga, J.G. 2011. Modelos para la estimación de la biomasa y el carbono en diferentes tipos de bosque del Chocó Biogeográfico, Colombia: cuantificación de la biomasa aérea almacenada en tres tipos de bosques Manglar, Guandal y bosques de colina localizados, en los Consejos Comunitarios de

- Bajo Mira y Concosta a partir de los datos colectados en el campo. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 22 p.
- Sánchez-Páez, H.; G. Ulloa-Delgado, H. Tavera, W. Gil-Torres. 2005. Plan de Manejo Integral de los Manglares de la Zona de Uso Sostenible del Sector Estuarino de la Bahía de Cispatá, Departamento de Córdoba – Colombia. Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge – Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. Montería. 202 p.
- Siikamäki, J., Sanchirico, J. N., & Jardine, S. L. 2012. Global economic potential for reducing carbon dioxide emissions from mangrove loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(36): 14369-14374.
- Spaulding, M.D., Blasco, F., Field, C.D., 1997. *World Mangrove Atlas*. International Society for Mangrove Ecosystem, Okinawa 903-01, Japan. 178 pp.
- Sprenst, P. 1989. Applied nonparametric statistical methods. Chapman & Hall. 220p.
- Tue, N.T.; Ngoc, N.T.; Quy, T.D.; Hamaoka, H.; Nhuan, M.T.; Omori, K. 2012. A cross-system analysis of sedimentary organic carbon in the mangrove ecosystems of Xuan Thuy National Park, Vietnam. *J. Sea Res.*, 67: 69–76.
- Urrego., L.E, Uribe & U. Giraldo. 2009. Gestión ambiental de los ecosistemas de manglar, una aproximación al caso Colombiano. *Gestión y Ambiente*, (2): 57–72.
- Valdés, E. 2010. Evaluación del carbono y nutrientes edáficos por clase de geoforma y tipo de manglar en marismas nacionales Nayarit. Tesis doctoral. Posgrado de edafología. Colegio de postgraduados. México.
- Van Wagner C.E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. *Forest Science* 14: 20–26.
- Walpole, R. & Myers, R. 1986. Probabilidad y estadística para ingenieros. México D.F. 733p.
- Walters, B.B., Roßnbeck, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Primavera, J.H., Barbier, E., Dahdouh-Guebas, F., 2008. Ethnobiology, De KAus Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T., Marchand, C., 2008. Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: A review. *Aquat. Bot.* 89, 201–219.
- Wang, G., Guan, D., Peart, M. R., Chen, Y., & Peng, Y. (2013). Ecosystem carbon stocks of mangrove forest in Yingluo Bay, Guangdong Province of South China. *Forest Ecology and Management*, 310, 539-546.
- Yepes A.P., D.A. Navarrete, A. J. Duque, J.F. Phillips, K.R. Cabrera, E. Álvarez, M.C. García, M.F. Ordoñez. 2011. Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 136 p.
- Zaldívar, A., Herrera-Silveira, J., Coronado. Molina, C., Alonzo, D. 2004. Estructura y productividad de los manglares en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, Yucatán, México. *Madera y Bosques*. 10 (2): 23-35.
- Zhang, J. P., Shen, C. D., Ren, H., Wang, J., & Han, W. D. 2012. Estimating change in sedimentary organic carbon content during mangrove restoration in southern China using carbon isotopic measurements. *Pedosphere*, 22(1): 58-66.

ANEXOS

Anexo 1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS PARCELAS PERMANENTES ESTABLECIDAS EN BAHÍA MÁLAGA, VALLE DEL CAUCA.

Las principales diferencias entre las parcelas están dadas por la composición florística y el porte de los individuos. Las observaciones en campo muestran que de manera general las muestras referentes a los componentes subterráneos (suelos y raíces) presentan poca variación, mientras que la estructura de los bosques presenta grandes variaciones de una parcela a otra. Estas diferencias parecen corresponder a características naturales (ambientales y edáficas), ya que las parcelas visitadas presentaban poca evidencia de intervención antrópica.

Parcela 01

Código de campo: P01

Sector: Luisico

Fecha: 12/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°04'04,1"

W 77°12'53,3"

Coordenada punto (0,0): N 04°04'03,2"

W 77°12'57,6"

Parcela cerca de un enclave de vegetación de tierra firme con presencia de helechos en el ecotono hacia tierra firme. Dominancia de individuos de *Rhizophora sp* con gran cantidad de epifitas asociadas. La altura promedio de los individuos es de 8,02 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas inferiores y con fustales que alcanzan los 30 m. Abundante regeneración natural de *Pelliciera rhizophorae*. Suelos bien consolidados. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar ribereño.



Parcela 02

Código de campo: P02

Sector: Luisico – quebrada Winul

Fecha: 13/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°05'0,3"
W 77°12'19,8"

Coordenada punto (0,0): N 04°04'58,9"
W 77°12'18,2"

Dominancia de individuos de *Rhizophora sp* de porte alto con gran cantidad de epifitas asociadas. La altura promedio de los individuos es de 9,24 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas intermedias y con fustales que alcanzan los 28 m. Suelos bien consolidados. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar ribereño.



Parcela 03

Código de campo: P03

Sector: Luisico- cangrejal

Fecha: 14/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°05'14,6"

W 77°12'18,5"

Coordenada punto (0,0):

N 04°05'16,0"

W 77°12'20,9"

Dominancia de individuos de *Rhizophora sp* con gran cantidad de epifitas asociadas. La altura promedio de los individuos es de 20,14 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas mayores y con fustales que alcanzan los 47 m. Suelos bien consolidados. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar ribereño.



Parcela 04

Código de campo: P04

Sector: El Morro - Aserrio

Fecha: 15/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°03'2,2"
W 77°11'33,7"

Coordenada punto (0,0): N 04°02'58,8"
W 77°11'32,4"

La entrada a la parcela se encuentra dominada por *Conocarpus erectus* desarrollado en suelos pedregosos. Dominancia dentro de la parcela de individuos de *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora sp.* Individuos poco desarrollados, que alcanzan alturas promedio de 3,41 m. Presencia de epifitas. Suelos arenosos y pedregosos. Hay rastros de intervención por apertura de camino para extracción de madera de tierra firme. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar de borde.



Parcela 05

Código de campo: P05

Sector: Corozal

Fecha: 17/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°04'49,8"

W 77°16'04,1"

Coordenada punto (0,0): N 04°04'50,9"

W 77°16'03,1"

Bosque dominado por *Rhizophora* sp con gran cantidad de epifitas asociadas. La cantidad de fustales es baja respecto a las otras parcelas y la cantidad de raíces aéreas es mayor. La altura promedio de los individuos es de 16,68 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas intermedias y con fustales que alcanzan los 41 m. Suelos bien consolidados. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar ribereño.



Parcela 06

Código de campo: P06

Sector: Gegenera

Fecha: 18/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°03'15,5"
W 77°15'57,5"

Coordenada punto (0,0): N 04°03'18,4"
W 77°15'59,3"

Bosque dominado por individuos de *Rhizophora sp* con abundancia de epifitas. La altura promedio de los individuos es de 10,31 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas inferiores y con fustales que alcanzan los 24 m. Se observa poca regeneración natural. Suelos consolidados con presencia de grandes fragmentos rocosos. Área de extracción de piangua. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar de borde.



Parcela 07

Código de campo: P07

Sector: Valencia

Fecha: 19/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°06'24,8"
W 77°15'08,2"

Coordenada punto (0,0): N 04°06'25,3"
W 77°15'10,9"

Esta parcela se encuentra dentro de un parche de manglar de área considerable, en el cual puede ser importante considerar el establecimiento de otras parcelas en el caso de que con las 10 establecidas el error de muestreo no sea el deseado. Bosque dominado *Rhizophora sp* y con presencia de individuos de *Mora oleifera*. Presencia de helechos y gran cantidad de epifitas. Regeneración natural poco

abundante. La altura promedio de los individuos es de 10,72 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas inferiores y con fustales que alcanzan los 47 m. Suelos bien consolidados. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar ribereño.



Parcela 08

Código de campo: P08

Sector: La Estancia

Fecha: 20/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°06'12,5"
W 77°16'17,1"

Coordenada punto (0,0): N 04°06'10,8"
W 77°16'14,1"

El bosque a lo largo de la quebrada La Estancia corresponde a una franja de bosque angosta debido a la presencia de bosque de tierra firme. Bosque dominado por individuos de *Rhizophora sp* y con presencia de individuos de *Mora oleifera*. La altura promedio de los individuos es de 9,26 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas inferiores y con fustales que alcanzan los 40 m. Poca presencia de helechos y de regeneración natural. Presencia de lagunas dentro de la parcela y gran cantidad de epifitas. Suelos bien consolidados en los primeros centímetros (aproximadamente los primeros 15 cm) y más pantanosos a medida que aumenta la profundidad. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar ribereño.



Parcela 09

Código de campo: P09

Sector: Mayordomo – manglar blanquito

Fecha: 21/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 04°02'31,2"

W 77°18'3,7"

Coordenada punto (0,0): N 04°02'33,8"

W 77°18'1,1"

Este bosque corresponde a una franja de manglar delgada pero extensa, debido a que se encuentra cerca al bosque de tierra firme. Bosque dominando por individuos de *Rhizophora sp* con presencia de individuos de *Pelliciera rhizophorae*. Alta abundancia de epifitas y de regeneración natural de *Pelliciera rhizophorae*. La altura promedio de los individuos es de 8,12 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas inferiores y con fustales que alcanzan los 27 m. Suelos bien consolidados especialmente en los cuadrantes superiores (4, 5, 12, 13 y 20) donde no fue posible introducir el corazonador por presencia de fragmentos rocosos. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar de borde.



Parcela 10

Código de campo: P10

Sector: Caracas

Fecha: 22/03/2014

Coordenada punto de entrada: N 03°59'13,7"
W 77°16'04,7"

Coordenada punto de entrada: N 03°59'10,6"
W 77°16'06,3"

La parcela se encuentra en una franja de manglar angosta cerca al bosque de tierra firme. Bosque dominado por individuos de *Rhizophora* sp. La altura promedio de los individuos es de 20,41 m, con presencia de abundantes individuos en las clases diamétricas intermedias y con fustales que alcanzan los 31 m. Poca presencia de regeneración natural. Suelos bien consolidados. De acuerdo con su ubicación geográfica, esta parcela puede corresponder según la clasificación de Lugo & Snedaker (1974) a un manglar de borde.



El presente trabajo fue realizado gracias al apoyo de la Fundación Natura, a través de la iniciativa MVC Colombia, cofinanciada por el GEF a través del BID.