



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

SEDE  
ESMERALDAS

# **ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

## **TESIS DE GRADO**

**ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y MATERIA  
ORGÁNICA EN EL MANGLAR DEL REFUGIO DE  
VIDA SILVESTRE MANGLARES ESTUARIO RÍO  
ESMERALDAS**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE  
INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

### **AUTORA**

**CASTILLO COBEÑA ERIKA ARACELLY**

### **ASESOR**

**PhD. JON MOLINERO ORTIZ**

**ESMERALDAS – AGOSTO, 2018**

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el Reglamento de Grado de la PUCE-Esmeraldas previo a la obtención del título de  
**INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Presidente Tribunal de Graduación

**Lector 1**

Mgt. Lucía Vernaza Quiñónez

**Lector 2**

Mgt. Estefanía Sánchez Flores

**Coordinador de la Escuela de Gestión Ambiental**

PhD. Jorge Velazco Vargas

**Director de Tesis**

PhD. Jon Molinero Ortiz

Esmeraldas,..... de..... de 2018

## **Autoría**

Yo Erika Aracelly Castillo Cobeña, declaro que la presente investigación enmarcada en el trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCE-Esmeraldas.

---

Erika Aracelly Castillo Cobeña  
C.I. 1718285404

## Agradecimiento

*A Dios por ser mi fortaleza día a día y permitirme cumplir otra meta en mi vida como es la culminación de mi carrera.*

*A mis padres Jungner y Aracely por ser mi guía en esta etapa y brindarme siempre su apoyo incondicional a pesar de los obstáculos.*

*A mi asesor Jon por ser el mejor guía en esta tesis y brindarme su apoyo, paciencia y comprensión en todo momento.*

*A mi hermana Anita, por ser mi amiga y esa voz consejera de no desmayar nunca y cumplir con mi meta hasta el final.*

*A mi esposo Johny por ser también mi compañero en esta etapa tan importante de mi vida y brindarme su apoyo.*

*A mi mejor amigo Mario, quien no solo fue mi compañero sino también mi hermano y compartió conmigo cada momento de esta carrera y me brindó siempre lo mejor.*

*A todos mis profesores por sus conocimientos y experiencias compartidas.*

*Gracias.*

## **Dedicatoria**

*A mi hijo Eidan, el amor de mi vida,  
quien llegó a mi vida cuando yo  
cursaba por los últimos ciclos de mi  
carrera, y desde entonces sentí más  
ganas y deseos de terminar mi carrera.  
Mi hijo ha sido mi mayor inspiración y  
cada día me da más fuerzas para luchar  
por mis metas bajo cualquier obstáculo.*

*A mis padres, quienes siempre se han  
desvivido por mí, para darme lo mejor y  
han luchado junto a mí para cumplir  
este sueño.*

## ÍNDICE

Autoría.....	iii
Agradecimiento .....	iv
Dedicatoria.....	v
Lista de Tablas.....	vii
Lista de Figuras .....	vii
Lista de Fotografías .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract.....	x
Introducción.....	1
Presentación del Tema de Investigación.....	1
Justificación .....	2
Objetivos.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos .....	3
Capítulo I: Marco teórico .....	4
1.1. Bases teóricas – científicas .....	4
1.2. Antecedentes .....	6
1.3. Marco legal .....	7
Capítulo II: Materiales y métodos .....	9
2.1 Delimitación del área de estudio.....	9
2.2 Puntos de muestreo .....	10
2.3 Recolección de Muestras .....	11
2.3.1 Biomasa de Árboles .....	11
2.3.2 Hojarasca .....	11
2.3.3 Madera muerta del suelo.....	11
2.3.4 Materia orgánica del suelo.....	12
2.3.5 Neumatóforos .....	12
2.4 Análisis de laboratorio .....	12
2.5 Análisis estadístico .....	13
Capítulo III: Resultados.....	13
3.1 Características del dosel arbóreo .....	13
3.2 Materia orgánica superficial .....	15

3.3 Neumatóforos.....	16
3.4 Madera muerta del suelo.....	17
3.5 Contenido de materia orgánica del suelo.....	17
3.6 Acumulación total de materia orgánica.....	18
Capítulo IV: Discusión.....	19
Conclusiones.....	23
Recomendaciones.....	24
Bibliografía.....	25
ANEXOS.....	31
Anexo 1. Toma de Muestras.....	31
Anexo 2. Análisis de laboratorio.....	33

## Lista de Tablas

<i>Tabla 1:</i> Acumulación de materia orgánica en kg ha <sup>-1</sup> en las zonas fluvial y urbana del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student. Valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación.....	18
---	----

## Lista de Figuras

Figura 1: Área de Estudio RVSMERE.....	9
Figura 2: Puntos de muestreo.....	10
Figura 3: Densidad de pies en individuos ha <sup>-1</sup> (A, mangle blanco; B, mangle negro; C, total), diámetro del tronco en cm (D, mangle blanco; E, mangle negro; F, total) y área basal m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> (G, mangle blanco; H, mangle negro; I, total) en las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student.....	13
Figura 4: Densidad en gr m <sup>-2</sup> de algas (A), hojas de mangle blanco (B), mangle negro (C) y mangle rojo (D), total de hojas (E), ramas (< 1 cm de diámetro, F), flores y frutos (G), restos (H), hojarasca total (I) y materia orgánica total (J) en la superficie del manglar de las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las	

dos zonas según la t de Student. Valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación.....	15
Figura 5: Cobertura de neumatóforos en % (A) y materia orgánica en gr m <sup>-2</sup> (B) en la superficie del manglar de las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación entre las dos zonas según la t de Student.....	16
Figura 6: Densidad de madera fina (1-5 cm de diámetro, A), madera gruesa (> 5 cm de diámetro, B) y madera total (C) en dm <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> en las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student. Valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación. ....	17
Figura 7: Densidad del suelo en g cm <sup>-3</sup> (A), contenido de materia orgánica del suelo en % (B) y en g cm <sup>-3</sup> (C) en las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student. Valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación. ....	17

## Lista de Fotografías

Fotografía 1: Medición del diámetro de troncos de árboles .....	31
Fotografía 2: Recolección de la muestra de hojarasca .....	31
Fotografía 3: Medición de la madera muerta del suelo .....	32
Fotografía 4: Recolección de muestra de suelo .....	32
Fotografía 5: Recolección de muestra de neumatóforos .....	33
Fotografía 6: Separación de hojarasca.....	33
Fotografía 7: Secado de muestras al aire .....	33
Fotografía 8: Secado de muestras en la estufa.....	34
Fotografía 9: Calcinación de muestras .....	34
Fotografía 10: Pesaje de muestras .....	34

## Resumen

En el Panel Intergubernamental de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático se ha concretado que el secuestro de carbono por los árboles es una alternativa de bajo costo para reducir el contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico. Y los manglares representan una oportunidad para el almacenamiento de carbono ya que estos ecosistemas capturan grandes cantidades de Carbono. En los trópicos son considerados los bosques más ricos en lo que corresponde al secuestro de carbono, este tipo de ecosistema puede acumular grandes cantidades, reconociendo así su importante rol en la mitigación al cambio climático. Por ello esta investigación tuvo como objetivo estimar la cantidad de materia orgánica y biomasa en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas en zonas que reciben la influencia del río Esmeraldas (zona fluvial) y en zonas que reciben los vertidos de la ciudad de Esmeraldas (zona urbana). Para determinar el almacenamiento de carbono en los árboles, hojarasca, madera muerta, suelo y neumatóforos se establecieron 5 parcelas de 10 X 10 m en cada zona. Resaltando que la biomasa almacenada en los árboles se determinó mediante ecuaciones alométricas. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre las dos zonas, pero se observaron diferencias en la distribución de la materia orgánica entre los diferentes componentes. En la zona urbana se observó una mayor cantidad de árboles y madera muerta que en la zona fluvial con un promedio de 101075 kg MO ha<sup>-1</sup> y 4864 kg MO ha<sup>-1</sup>. También los contenidos de materia orgánica de la hojarasca fueron ligeramente mayores en la zona urbana en comparación a la zona fluvial, con 381 kg MO ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, la densidad de materia orgánica en el suelo y neumatóforos fue mayor en la zona fluvial que en la zona urbana, con un promedio de 54312 kg MO ha<sup>-1</sup> en el suelo y 1671 kg MO ha<sup>-1</sup> en los neumatóforos. Pero la diferencia en la acumulación total de materia orgánica entre ambas zonas fue sólo de 9000 kg ha<sup>-1</sup>. Por lo tanto es importante seguir realizando proyectos en los diferentes manglares del mundo para evaluar su funcionamiento como sumideros de carbono, ya que la acumulación de carbono en el manglar varía con el tiempo. Y la contaminación del hombre en los manglares de zona urbana no debe ser un impedimento para trabajar en estos ecosistemas de gran producción, más bien se debe buscar soluciones a las problemáticas ambientales que perturban estos bosques.

**Palabras claves:** Manglar, carbono, materia orgánica, biomasa, árboles, hojarasca, madera muerta, suelo y neumatóforos.

## Abstract

The United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change has made it clear that carbon sequestration by trees is a low-cost alternative to reduce the atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) content. And mangroves represent an opportunity for carbon storage since these ecosystems capture large amounts of Carbon. In the tropics, forests are considered to be the richest in carbon. However, its carbon distribution is little known compared to the great advances that exist for terrestrial forest ecosystems. Therefore, this research aimed to estimate the amount of organic matter and biomass of the Esmeraldas River Mangroves Estuary Wildlife Refuge in areas that are influenced by the Esmeraldas River (fluvial zone) and in areas that receive discharges from the city of Esmeraldas (urban zone). To determine the stores of carbon in the trees, litter, dead wood, soil and pneumatophores, 5 plots of 10 X 10 m were established in each zone. Highlighting that the biomass stored in the trees was determined by allometric equations. The results indicated that there were no significant differences between the two zones, but differences were observed in the distribution of organic matter between the different components. In the urban area, a greater number of trees and dead wood was observed than in the fluvial zone with an average of 101075 kg MO ha<sup>-1</sup> and 4864 kg MO ha<sup>-1</sup>. Also the organic matter contents of the litter were slightly higher in the urban area compared to the river area, with 381 kg MO ha<sup>-1</sup>. However, the density of organic matter in the soil and pneumatophores was higher in the fluvial zone than in the urban area, with an average of 54312 kg MO ha<sup>-1</sup> in the soil and 1671 kg MO ha<sup>-1</sup> in the pneumophores. But, the difference in the total accumulation of organic matter between both zones was only 9000 kg ha<sup>-1</sup>. Therefore it is important to continue carrying out projects in the different mangroves of the world to evaluate their functioning as carbon sinks, since the carbon accumulation in the mangrove varies with time. And the pollution of man in the mangroves of urban areas should not be an impediment to work in these ecosystems of great production, rather it should seek solutions to the environmental problems that disturb these forests.

**Keywords:** Mangrove, carbon, organic matter, biomass, trees, litter, dead wood, soil and pneumophores.

## **Introducción**

### **Presentación del Tema de Investigación**

Ecuador es reconocido a nivel mundial como uno de los países con mayor diversidad no solo en especies sino también en ecosistemas, de entre los cuales resalta el ecosistema manglar. Dentro del aspecto socioeconómico, los manglares son los ecosistemas costeros más importantes del mundo. Desde tiempos antiguos, estos medios han proporcionado madera para construcción de casas, alimentos, medicinas, para las poblaciones que se han asentado en las costas tropicales y subtropicales de la tierra (Valdez, 2004). El bosque de manglar es un ecosistema compuesto esencialmente por árboles leñosos denominados mangles, caracterizados por sobrevivir y desarrollarse en tierras costeras inundables y áreas con agua de altos niveles de salinidad. También posee una gran biodiversidad de fauna, flora, especies fúngicas y de microorganismos (Vera & Martínez, 2013). Debido a las propiedades específicas con las que cuentan estos sistemas, conforman zonas de riquezas únicas y especiales ya que ocasionalmente se ven inundados por las mareas con aguas marinas o estuarinas (Díaz, 2011). Los manglares son considerados ecosistemas altamente productivos, con una producción primaria muy elevada y que aporta una gran cantidad de materia orgánica al medio desde la vegetación. Cuando las hojas caen al lecho del manglar, algunas se mezclan con el lodo, pero otras son arrastradas por acción de las mareas (Sierra, Mancera & Santos, 2009).

La materia orgánica presente en los ecosistemas costeros se origina en varias fuentes, entre las que se pueden mencionar las fuentes autóctonas como el fitoplancton, las microalgas y las macrófitas, y las fuentes alóctonas que incluyen todo tipo de vegetación terrestre (Espino et al, 2011). En los ecosistemas terrestres, la descomposición de la materia orgánica representa un gran flujo de carbono y de nutrientes. En los manglares, la descomposición de la materia orgánica contribuye a que exista una fuente de carbono estable en el humedal, porque la producción primaria está limitada por la sombra que producen los árboles (Galeano, Mancera & Medina, 2010). La descomposición de la materia orgánica depende de factores intrínsecos al material vegetal, como la especie de mangle, las características morfológicas y la relación carbono - nitrógeno (C:N) del material, así como de factores extrínsecos que incluyen factores bióticos y abióticos, como la comunidad microbiana, el clima, la humedad y la temperatura (Galeano, Mancera & Medina, 2010).

## **Justificación**

Uno de los grandes problemas que afectan los manglares a nivel mundial es la alta tasa de deforestación que éstos presentan debido a los cambios de uso del suelo (Blanco, Ortiz & Urrego, 2015). En el caso del manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglar del Estuario del Río Esmeraldas, el impacto más notable se debe a la contaminación provocada por los vertidos de aguas residuales de la ciudad que no reciben ningún tipo de tratamiento previo, además de no contar con un sistema de gestión de residuos sólidos eficiente.

Es importante reconocer que los manglares capturan grandes cantidades de carbono, incluso más que cualquier otro tipo de bosque del planeta, y se los considera como sumideros de carbono (Peña, 2008). Sin embargo, hay muchos investigadores que cuestionan que los manglares sean importantes para regular los efectos del cambio climático. Por un lado, los manglares tienen una producción primaria elevada y capturan mucho carbono, pero también tienen tasas de respiración elevadas con lo que la producción neta del ecosistema o la captura real de carbono es pequeña. Por otro lado, los manglares representan sólo el 1,4 % de la superficie de bosque mundial. Al tener una extensión tan pequeña, es difícil que puedan llegar a tener un papel muy importante en la regulación del cambio climático (Mera, 1999). La mayor parte del carbono que se acumula en un manglar se encuentra en el suelo y proviene de otras fuentes, por ejemplo, carbono que es transportado por los ríos y queda retenido en los manglares (Yáñez, Twilley, & Lara, 1998). Los manglares están sujetos a perturbaciones causadas por el oleaje, las tormentas y los tsunamis que movilizan el carbono que se encuentra almacenado en el suelo del manglar. Las acumulaciones de carbono en el manglar son inestables, varían a lo largo del tiempo (Mera, 1999).

Por lo tanto, se consideró importante estudiar el funcionamiento del ciclo de la materia orgánica en el manglar del Refugio de Vida Silvestre Manglar del Estuario del Río Esmeraldas (RVSMERE) para evaluar su capacidad de actuar como sumidero de carbono. Este manglar está aislado geográficamente de otros manglares en la provincia de Esmeraldas con una superficie de 240 hectáreas (Ministerio del Ambiente, 2010). Este estudio evalúa el funcionamiento de un manglar joven eutrofizado, representando una aportación significativa al conocimiento de estos sistemas, y a la gestión de las zonas costeras.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Estudiar la acumulación de materia orgánica del manglar en zonas que reciben la influencia del río Esmeraldas y en zonas que reciben los vertidos de la ciudad en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas

### **Objetivos Específicos**

- Caracterizar la vegetación arbórea del manglar a partir de la densidad de pies y el diámetro del tronco por especie para estimar la biomasa almacenada en la vegetación en ambas zonas.
- Estimar la acumulación de hojarasca, madera muerta y materia orgánica del suelo en ambas zonas.
- Comparar los datos obtenidos en las dos zonas para determinar el impacto de la urbanización en la acumulación de materia orgánica del manglar.

## Capítulo I: Marco teórico

### 1.1. Bases teóricas – científicas

Los manglares son un ecosistema acuático boscoso de suelo plano y fangoso, ubicados en litorales tropicales y subtropicales de aguas tranquilas, lagunas costeras, bahías, esteros y estuarios. Los árboles de mangle se caracterizan por presentar adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les confieren una gran tolerancia a las aguas saladas y salobres (Cortés, 2010). Su importancia radica en la gran cantidad de servicios ecosistémicos que ofrecen como ser un lugar de refugio, crianza y anidación de muchas especies, formar suelos, sustentan las pesquerías, protegen la línea de costa y funcionan como pulmones del medio ambiente originando oxígeno y asimilando el CO<sub>2</sub> (Mejía et al., 2014). Además, estos ecosistemas forman una barrera protectora de las costas contra las olas y tormentas, y sirven de fijadores de sedimentos, refugio de vida silvestre y recicladores de materia orgánica. También desempeñan un papel importante en el ciclo vital de muchos crustáceos, peces y moluscos, debido a una esencial relación entre la producción de la pesca y los bosques de manglar. Por su alto contenido de nutrientes, los peces lo utilizan como áreas de criadero (Jimenez, 2006).

A pesar de los servicios que prestan a la sociedad, los manglares están desapareciendo a una velocidad acelerada debido al uso excesivo de sus recursos. Estos manglares están amenazados por la construcción de piscinas camaroneras, la extracción de madera, la expansión agrícola y ganadera, la construcción de infraestructura de puertos y vías, y la expansión de centros poblados (Reese, 2010). Existen varias causas que producen su destrucción, pero actualmente la mayor amenaza es la instalación de la industria camaronera, que ocupan estos ecosistemas para la crianza de langostinos tropicales que son exportados a países desarrollados (Eroski Consumer, 2003). Pero la tala de grandes hectáreas de manglar para instalar piscinas no es el único problema, porque para la cría intensiva de langostino se utilizan productos químicos que contaminan los recursos hídricos y ocasionan su eutrofización e hipernitrificación (Greenpeace, 1998). Anteriormente, el área total de los manglares en el mundo era de 181.077 km<sup>2</sup>, distribuyéndose 49.096 km<sup>2</sup> (27,1%) en América, en el sur de Asia 75.173 km<sup>2</sup> (41,5%) y sudeste de Asia 10.024 km<sup>2</sup> (5,5%), 18.789 km<sup>2</sup> (10,4%) en Australasia y 27.995 km<sup>2</sup> (15,5%) en el oeste de África (Villalba, 2002). Pero a causa de impactos naturales y antrópicos, la cobertura mundial de los manglares ha disminuido por debajo de los

150.000 km<sup>2</sup> (Bodero, 2005). En Ecuador, había 362.700 hectáreas de manglar en 1969, pero para el año 2001 esta cifra había disminuido a 154.087.31 hectáreas. En la provincia de Esmeraldas, se reconoció una pérdida del 15 % de superficie, en la provincia del Guayas el 13 % y en la provincia de Manabí el 70 % (Reese, 2010).

La vegetación del manglar de la costa ecuatoriana está caracterizada por la presencia de 5 familias, Vervencaceae, Leguminosae, Rhizophoraceae, Combretaceae, y Theaceae, con 6 especies comunes, *Avicennia germinans*, *Mora oleífera*, *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Pelliciera rhizophorae* (Bodero, 2005).

Los árboles *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus* se encuentran mejor adaptados en las áreas de los manglares de Cuenca, donde son alcanzados por las mareas más altas que bajan lentamente después de estar inundados por tiempo. La salinidad intersticial es elevada durante la estación seca pero merma durante la estación lluviosa (MAE & FAO, 2014).

La *Mora oleífera* está presente en el Pacífico Oriental a lo largo de las costas de Costa Rica, Panamá, Colombia y el norte de Ecuador. Está clasificada como Vulnerable según el Criterio C de la Lista Roja. Y en los últimos 25 años ha disminuido en un 26% en el área de manglares del Pacífico Oriental (Duke, 2010). Cuando esta especie forma rodales puros o llega a ser dominante en manglares, se denomina natales. Habita en las zonas de vida de bosque húmedo y muy húmedo tropical. Este tipo de mangle alcanza hasta los 35 m de altura y se extiende horizontalmente hasta alcanzar algunos metros de longitud. Su madera es muy dura y compacta, y es considerada como la más fuerte, durable y pesada que la del resto de mangles (MAE & FAO, 2014).

El *Rhizophora mangle* es un arbusto o árbol con corteza astringente, que alcanza una altura de 10 m hasta 30 m. Sus raíces son ramificadas, flucreas, curvas, arqueadas y se destacan por sus prolongaciones aéreas del tallo como zancos o prolongaciones cortas que emergen del suelo llamadas neumatóforos. En los manglares esta especie comúnmente coloniza desde la parte externa expuesta al oleaje y corrientes de agua, sobre sustratos más flojos y periódicamente sumergidos, pobres en oxígeno e influenciados por la salinidad que se encuentran dentro de la zona intermareal (Regalado, Sánchez, & Mancebo, 2016).

*Laguncularia racemosa* o mangle blanco se desarrolla más como arbusto que como árbol, alcanzando una altura de 8 m y se desenvuelve mejor en suelos con baja salinidad. Prefiere suelos con bajas concentraciones de sal, promediando entre 15 y 20 partes por mil, y su crecimiento se ve reducido a salinidades altas, de más de 50 partes por mil. En los bosques ribereños, el mangle blanco crece en terrenos bajos y pantanosos (Jiménez, 2002).

*Pelliciera rhizophorae* o mangle piñuelo, también se le llama de esta forma debido a que sus hojas se asemejan a las hojas de una piña. Este mangle es de tamaño pequeño, alcanzando alturas de solo 5 m. El porcentaje de esta especie en el bosque es menor al resto de especies de mangles, por ello solo la podemos encontrar en la provincia de Esmeraldas. Por habitar en un medio altamente salino, sus hojas han desarrollado unas glándulas que se especializan en la excreción de sal (Erazo, 2014).

## **1.2. Antecedentes**

Los manglares son uno de los ecosistemas más productivos del mundo, con una producción media de  $2,5 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  (Yepes et al., 2016) y se los considera como ecosistemas clave para mitigar el calentamiento global, aunque representan menos del 1 % de los bosques tropicales y menos de 0,4 % de los bosques del mundo. Muchas áreas de manglar han sido destruidas a causa de prácticas no sustentables y de la expansión de la agricultura, provocando la pérdida de la biomasa y la descomposición de materia orgánica que libera grandes cantidades de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera (Yepes et al., 2016). Por lo tanto, es importante evaluar la capacidad que tienen estos ecosistemas para actuar como almacenamiento o sumidero de carbono y Kauffman y Donato (2012) diseñaron un protocolo para evaluar el carbono total del manglar, dividiendo el almacén de C en distintas áreas que están sobre el suelo y bajo el suelo, y que pueden ser medidos con precisión usando técnicas específicas para cada grupo (Gutiérrez & Herrera, 2014).

En América se han realizado varios estudios que han evaluado la capacidad del manglar como sumidero de carbono y se han obtenido diferentes resultados. Tal es el caso en Colombia, donde se realizó una investigación en el manglar del delta del río Ranchería, que estudió el aumento de biomasa y la supervivencia de las plántulas de las especies principales, tales como del *Rhizophora mangle L.*, *Avicennia germinans L.* y *Laguncularia racemosa (L.)*. Pero solo se encontró supervivencia de plántulas del

*Rhizophora manglengle*. También se cuantificó la tasa máxima de caída de hojarasca en el bosque, donde se obtuvo un valor anual de  $12,9 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Y mediante ecuaciones alométricas se calculó un aumento de biomasa en  $7,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Por lo tanto, la productividad del manglar fue de  $20,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , representada en su mayoría por la caída de hojarasca (Lema & Polanía, 2007).

Otro estudio relacionado fue realizado en la laguna de Bon Accord en Tobago (Juman, 2005), donde se midió la biomasa y productividad a través de la caída de hojas, y las tasas de descomposición en siete parcelas de 0,01 ha. Y se obtuvo como resultado un promedio de  $14,1 \pm 8,1 \text{ kg m}^{-2}$  de biomasa acumulada,  $3,4 \pm 0,9 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  de producción de hojarasca y una tasa de descomposición promedio de  $0,4 \pm 1 \%$  de pérdida  $\text{d}^{-1}$ .

En México se han realizado estudios con el manglar de tipo chaparro que es considerado muy importante por su extensión. Este tipo de bosque se caracteriza por su baja altura ( $< 4 \text{ m}$ ) y alta densidad de árboles ( $700\text{-}2000 \text{ árboles ha}^{-1}$ ). Para determinar el almacenamiento de carbono en sus diferentes elementos sobre el suelo y bajo el suelo, se realizaron los muestreos en ocho localidades y con parcelas circulares. Los resultados indicaron que el suelo es el elemento más importante de almacenamiento ( $82\text{-}477,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), le siguen las raíces gruesas ( $4,68\text{-}26,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) y finalmente los árboles ( $1,9\text{-}19,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) (Gutiérrez & Herrera, 2014).

En Ecuador, no se conocen estudios donde se haya determinado la biomasa y materia orgánica acumulada en los manglares. Por esta razón, el interés de esta investigación radica en que se trata de un primer intento para evaluar la capacidad de retención de carbono de los manglares de Esmeraldas.

### **1.3. Marco legal**

Ecuador cuenta con varias leyes para proteger y conservar la biodiversidad, todas con sus respectivas sanciones para hacer respetar sus estatutos. Entre ellas existen muchas leyes que amparan y protegen el ecosistema manglar, y se pueden destacar las siguientes:

El Artículo 71 de la Constitución declara que la naturaleza tiene derecho a ser respetada, para que se mantenga su estructura y regenere sus ciclos vitales y procesos evolutivos. Dicha ley aplica para todas las personas tanto naturales como jurídicas (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Además la Constitución en su artículo 73, establece que el Estado empleará medidas de restricción y precaución para las acciones que conllevan a la pérdida de ecosistemas, a la transformación de los ciclos naturales y desaparición de especies (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En lo que respecta al Código Orgánico del Ambiente, en su artículo 99 manifiesta que es de interés de todas las personas la conservar, proteger y restaurar los páramos, moretales y ecosistema manglar. Se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo. Y las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos participarán en el cuidado de estos ecosistemas y comunicarán a la autoridad competente, cualquier violación o destrucción de los mismos (COA, 2017). Por otro lado, en el artículo 103 decreta que el ecosistema manglar es un bien del Estado que está fuera del comercio, no es susceptible de posesión o cualquier otro medio de apropiación, y sobre él no puede adquirirse el dominio ni ningún otro derecho real por prescripción; y solamente podrá ser aprovechado sosteniblemente mediante concesión otorgada o renovada por el Ministerio rector del ámbito pesquero (COA, 2017).

La Ley de pesca y desarrollo pesquero en su artículo 44 prohíbe destruir o alterar manglares, e instalar viveros o piscinas en zonas declaradas como reserva natural de manglares (Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero, 2005).

También el Reglamento a la Ley De Pesca y Desarrollo Pesquero protege en manglar en su artículo 151 indicando que en caso de ser talado el manglar ilegalmente, deberá ser reforestado en plazo de un año (Reglamento a la Ley De Pesca y Desarrollo Pesquero , 2016)

## Capítulo II: Materiales y métodos

### 2.1 Delimitación del área de estudio

El estudio se realizó en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas, ubicado en la desembocadura del río Esmeraldas en el océano Pacífico entre la ciudad de Esmeraldas y la parroquia de Tachina. Estos manglares son un área poco visitada y conocida por la falta de infraestructura turística y su acceso difícil. Los árboles que se encuentran en este estuario son los restos de grandes bosques que existieron en el lugar y que fueron transformados por la construcción de piscinas camaroneras, el aumento de las zonas agrícolas y el avance de la ciudad (Ministerio del Ambiente, 2015).

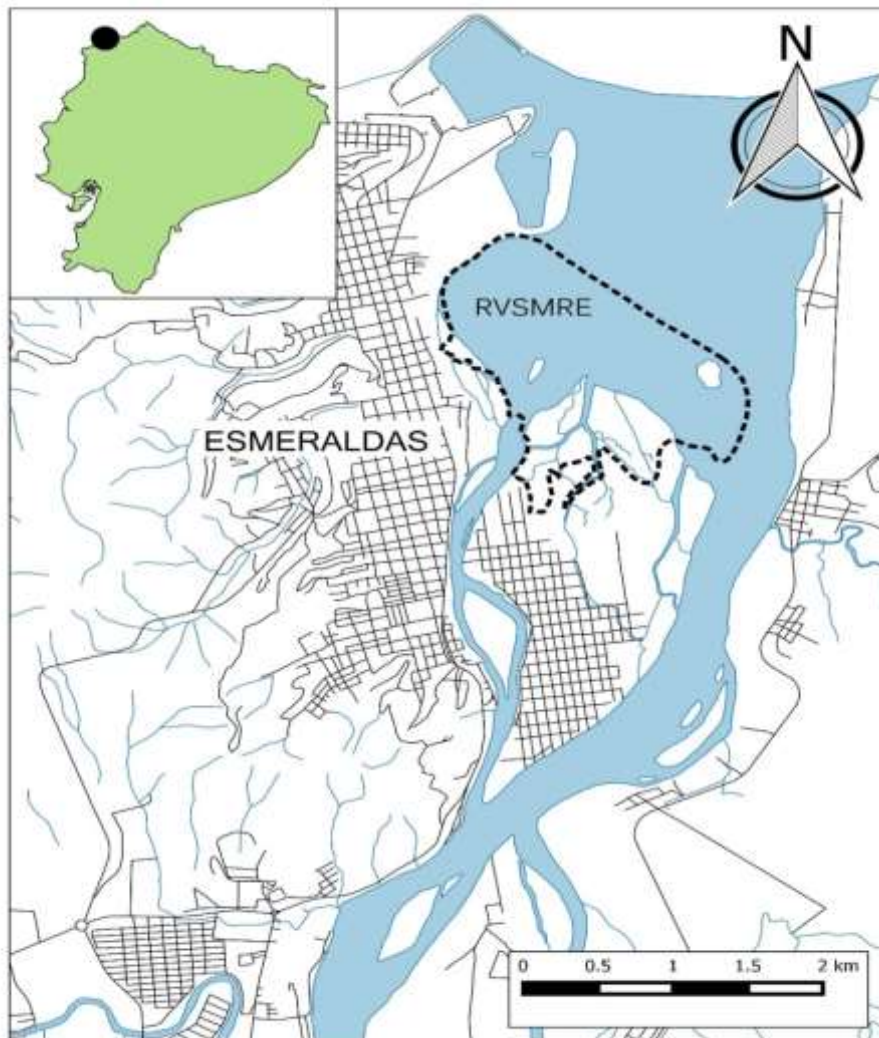


Figura 1: Área de Estudio RVSMERE

## 2.2 Puntos de muestreo

Los puntos de muestreos se establecieron con 5 parcelas de 10 x 10 m en la parte exterior del manglar donde recibe la influencia del río Esmeraldas, o zona fluvial, y otras 5 parcelas de 10 x 10 m situadas en la parte interior, cerca de la ciudad de Esmeraldas o zona urbana, donde se reciben vertidos que provienen de los colectores de la ciudad. Los puntos de muestreo se visitaron durante el verano de 2017 entre julio y septiembre.

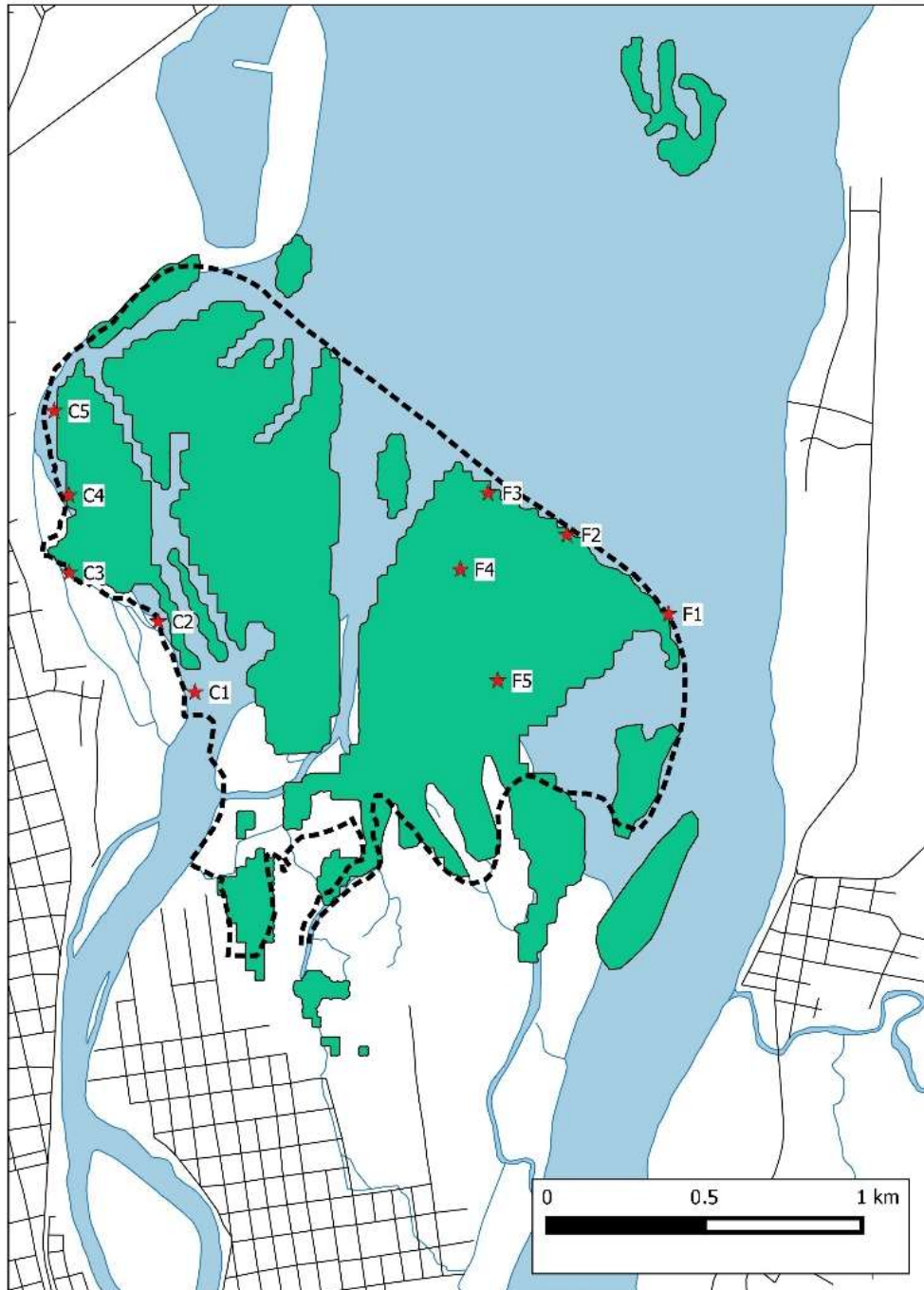


Figura 2: Puntos de muestreo

## **2.3 Recolección de Muestras**

### **2.3.1 Biomasa de Árboles**

Para estimar la biomasa de los árboles se emplearon parcelas de 10 x10 m y se midió la densidad de pies, el diámetro del tronco a la altura del pecho (Véase Anexo 1 Fotografía 1) con una Forcípula Haglöf Mantax y el área basal de cada árbol identificado según su especie. Para determinar la biomasa de los árboles de mangle se utilizaron ecuaciones alométricas siguiendo Smith & Whelan (2006) y asumiendo un contenido de materia orgánica del 95 %. El método se basa en la relación entre la biomasa del árbol (o sus componentes) y parámetros que pueden determinarse en el campo, como el diámetro del tallo principal, especie y altura. Es importante identificar la especie de manglar, ya que las ecuaciones alométricas son específicas para cada especie y si es posible, deben ser específicas del lugar de estudio (Kauffman, Donato, & Adame, 2013).

### **2.3.2 Hojarasca**

La hojarasca se forma a partir de la caída y acumulación de material orgánico en el suelo (hojas, ramas, corteza, flores y frutos) y para su recolección se tomaron 5 réplicas aleatorias en cada parcela de 10 x 10 m, empleando un cuadrante de 30 x 30 cm (Kauffman, Donato, & Adame, 2013). Las muestras fueron guardadas en bolsas ziploc, con sus respectivas etiquetas (Véase Anexo 1 Fotografía 2).

### **2.3.3 Madera muerta del suelo**

Para determinar de forma adecuada las reservas de carbono y la influencia de las perturbaciones naturales y antrópicas se mide la madera muerta ubicada en el suelo. Para un mejor estudio, se midió la madera muerta en función de su diámetro (Véase Anexo 1 Fotografía 3). Primero se midió toda la madera de más de 5 cm de diámetro dentro de cada parcela de 10 x 10 m. Luego se procedió a medir la madera muerta entre 1 y 5 cm de diámetro en un cuadrante de 3,5 x 3,5 m colocado al azar dentro de la parcela (Kauffman, Donato, & Adame, 2013). Para la medición de la madera muerta del suelo se emplearon una regleta o una cinta métrica y un calibrador de 25 cm de longitud. Para estimar la biomasa de la madera muerta se utilizaron valores de densidad de madera de cada especie obtenidos de una base de datos global (Zanne et al., 2009). Se calculó la densidad de la

madera muerta como el promedio de las densidades de las tres especies presentes,  $0.693 \text{ gr cm}^{-3}$ , y la cantidad de materia orgánica se calculó asumiendo un contenido de materia orgánica del 95 % y un nivel de descomposición del 75 %.

#### **2.3.4 Materia orgánica del suelo**

Se tomaron 5 réplicas aleatorias de 40 ml del suelo del manglar hasta 8 cm de profundidad con un tubo de centrífuga de plástico modificado que fueron guardadas en fundas ziploc (Alongi, 2011) (Véase Anexo 1 Fotografía 4).

#### **2.3.5 Neumatóforos**

Para la estima de la densidad de neumatóforos, se utilizó un muestreo estratificado. Primero, se estimó visualmente el porcentaje de la superficie de la parcela que estaba ocupada por neumatóforos. Luego se recogieron 3 réplicas aleatorias dentro del área ocupada por los neumatóforos con un cuadrante de 30 x 30 cm y unas tijeras de podar (Véase Anexo 1 Fotografía 5). La densidad de neumatóforos en cada parcela se calculó entonces:  $D_{\text{parcela}} = D_{\text{cuadrantes}} \times \% \text{ Area} / 100$

### **2.4 Análisis de laboratorio**

Las muestras de hojarasca, neumatóforos y materia orgánica del suelo fueron primero lavadas con agua para eliminar el lodo. La hojarasca fue separada por las siguientes categorías: algas, restos, FFS, ramas y hojas de mangle negro y blanco (Véase Anexo 2 Fotografía 6). Posteriormente, todas las muestras fueron secadas al aire durante 72 h (Véase Anexo 2 Fotografía 7) y después en una Estufa a  $65^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas para determinar su peso seco (Véase Anexo 2 Fotografía 8). Finalmente, las muestras fueron calcinadas en una Mufla Thermo Electronics a  $520^{\circ}\text{C}$  durante 5 horas (Véase Anexo 2 Fotografía 9) y después se pesaron para estimar su porcentaje de materia orgánica (Véase Anexo 2 Fotografía 10). Los pesos se determinaron en una Balanza Analítica Mettler Toledo con una precisión de 0.0001 g después de enfriar las muestras en un Desecador de Vidrio con Silicagel.

## 2.5 Análisis estadístico

Para comparar la zona fluvial y urbana, se realizaron pruebas de la t de Student de todas las variables con las parcelas como réplicas mediante el programa R. La densidad de materia orgánica ( $\text{g m}^{-2}$  o  $\text{kg ha}^{-1}$ ) se transformó con la función raíz cuadrada para corregir el sesgo de los datos. Resultados de la t de Student con un valor de probabilidad entre 0.05 y 0.10 se consideraron como marginalmente significativos.

## Capítulo III: Resultados

### 3.1 Características del dosel arbóreo

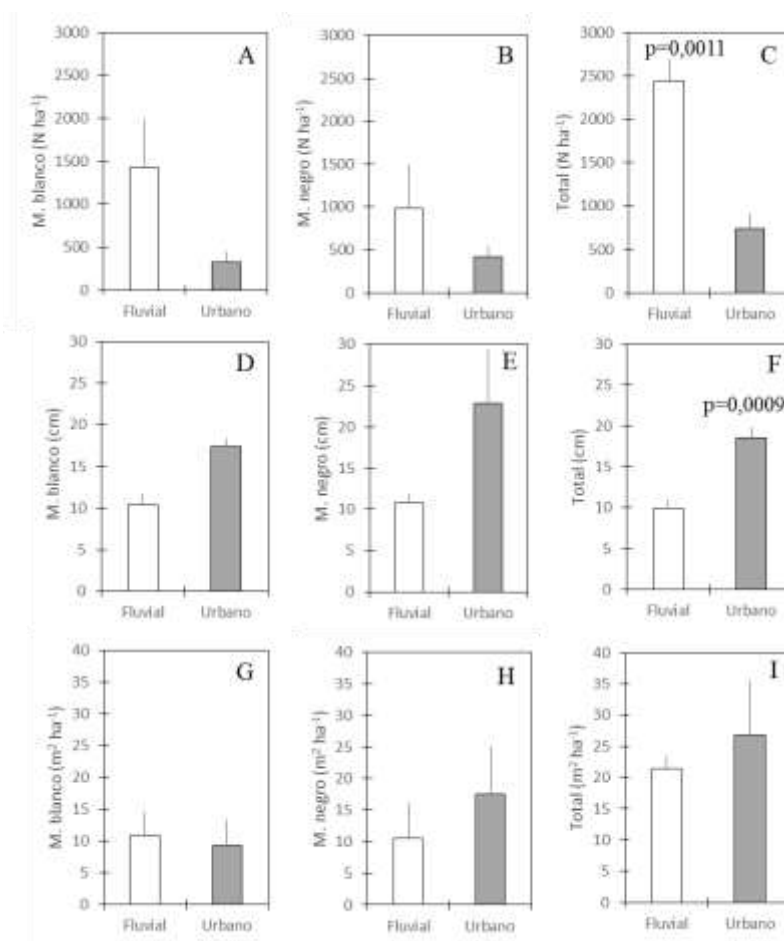


Figura 3: Densidad de pies en individuos  $\text{ha}^{-1}$  (A, mangle blanco; B, mangle negro; C, total), diámetro del tronco en cm (D, mangle blanco; E, mangle negro; F, total) y área basal  $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$  (G, mangle blanco; H, mangle negro; I, total) en las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student.

Aunque se observó que en el área fluvial existe una mayor densidad de pies de mangle blanco y negro que en la zona urbana, las diferencias no fueron significativas (figura 3A y B). Sin embargo, la densidad total de pies mostró diferencias significativas entre las dos zonas (figura 3C). En cuanto al diámetro del tronco, alcanzan mayores diámetros en la zona urbana que en la zona fluvial, aunque estas diferencias no fueron significativas (figura 3D y E). En el caso del diámetro total, las diferencias entre las dos zonas también fueron significativas (figura 3F). El área basal del mangle blanco fue similar en las dos zonas (figura 3G), mientras que el área basal del mangle negro en la zona urbana fue mayor que en la zona fluvial, aunque la diferencia no fue significativa (figura 3H). Tampoco se observaron diferencias significativas entre las dos zonas en el área basal total (figura 3I). La mayor densidad de pies en la zona fluvial, pero con un diámetro de tronco menor resultó en áreas basales similares en ambas zonas del manglar.

En las áreas que se determinaron para realizar el estudio, no se encontraron árboles de mangle rojo, pero en otras extensiones del manglar si se encontraban esta especie de mangle.

### 3.2 Materia orgánica superficial

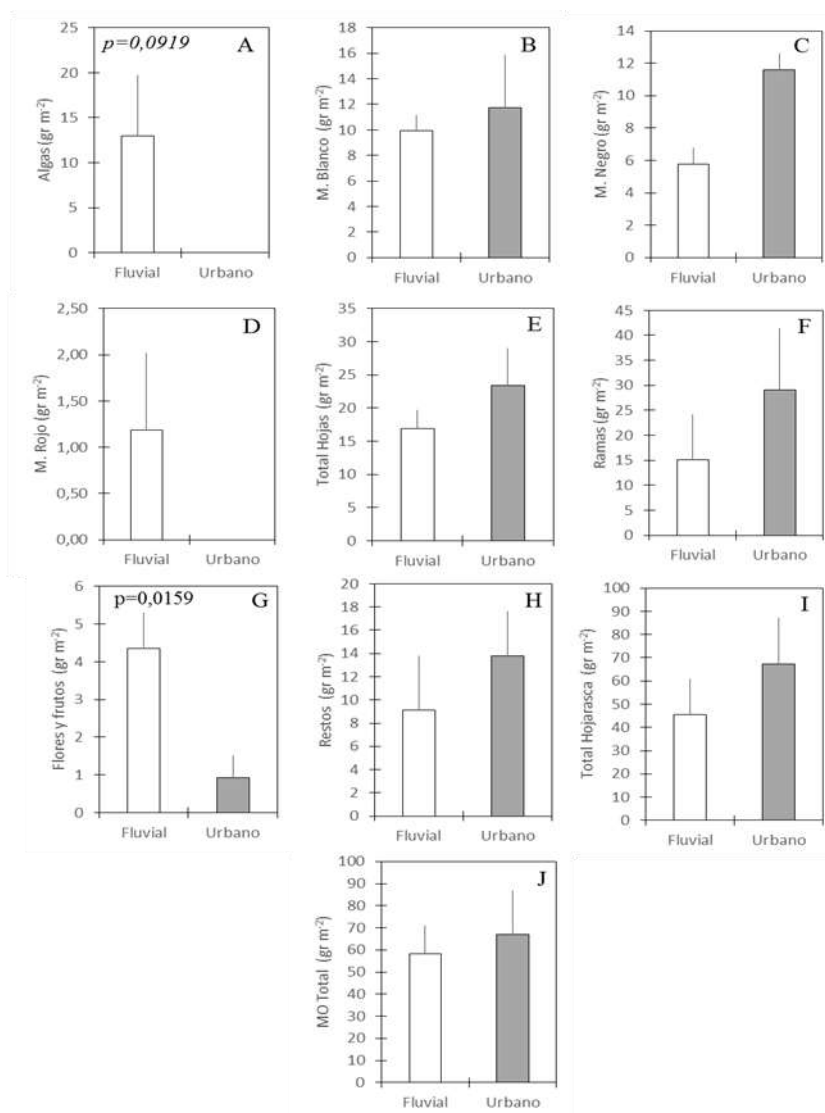


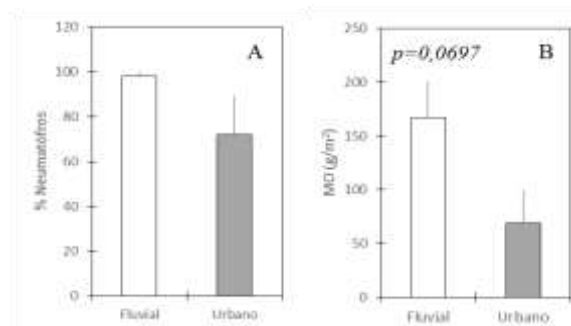
Figura 4: Densidad en gr m<sup>-2</sup> de algas (A), hojas de mangle blanco (B), mangle negro (C) y mangle rojo (D), total de hojas (E), ramas (< 1 cm de diámetro, F), flores y frutos (G), restos (H), hojarasca total (I) y materia orgánica total (J) en la superficie del manglar de las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student. Valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación.

En la zona fluvial, se observó un manto de algas que cubría la superficie del manglar, mientras que en la zona urbana no se observó este desarrollo algal (figura 4A). Se recogieron muestras de este manto en todas las estaciones y se identificó el alga presente como perteneciente al género *Catenella* (Clase Rhodophyceae, Familia Rhabdoniaceae), pero no se logró identificar la especie.

En cuanto a las hojas caídas de los árboles, se hallaron más hojas de mangle blanco y negro en la zona urbana que en la zona fluvial (figura 4B y C). Aunque en el área estudiada de la zona urbana no se encontraron hojas de mangle rojo, mientras que en la zona fluvial si (figura 4D). Sin embargo, esta pequeña diferencia no resulta ser significativa en el total de hojas (figura 4E).

Se recogieron mayores cantidades de ramas en la zona urbana en comparación a la zona fluvial, aunque estas diferencias no fueron significativas (figura 4F). Pero en el caso de las FFS si se mostraron diferencias significativas entre las dos zonas ya que en la zona fluvial hubo más flores y frutos que en la zona urbana (figura 4G). Luego los restos se encontraron en mayor proporción en la zona urbana que en la fluvial, pero esta diferencia no resultó ser significativa (figura 4H). Por lo tanto, la mayoría de hojarasca y materia orgánica se encontró en la zona urbana (figura 4I y J), debido a que este es un mangle viejo donde muchos árboles han muerto y sus hojas, ramas, flores y frutos han caídos al suelo y han realizado su proceso de descomposición.

### 3.3 Neumatóforos



*Figura 5:* Cobertura de neumatóforos en % (A) y materia orgánica en gr m<sup>-2</sup> (B) en la superficie del manglar de las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación entre las dos zonas según la t de Student.

Las parcelas estudiadas en la zona fluvial tuvieron mayor cobertura de neumatóforos, representándose con un 98%, mientras que la cobertura de la zona urbana fue todo lo contrario con un 72% (figura 5A). Pero esta diferencia no es significativa entre las dos zonas. Por consiguiente, hubo más materia orgánica en la zona fluvial que en la zona urbana, demostrando una diferencia marginal entre ambas zonas (figura 5B).

### 3.4 Madera muerta del suelo

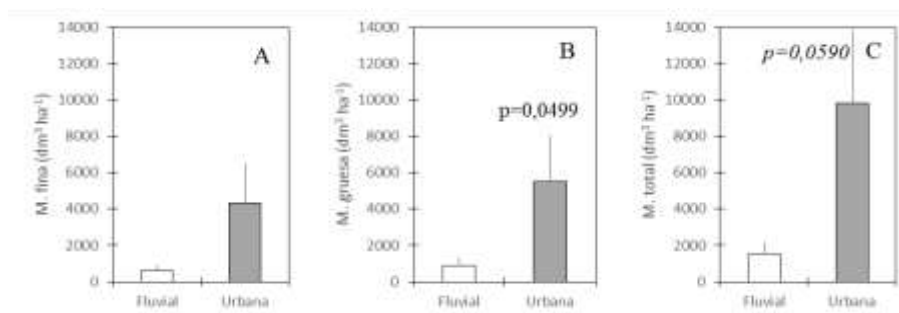


Figura 6: Densidad de madera fina (1-5 cm de diámetro, A), madera gruesa (> 5 cm de diámetro, B) y madera total (C) en dm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> en las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student. Valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación.

En la zona fluvial, se observó una densidad menor de madera fina que en la zona urbana, pero la diferencia no fue significativa (Figura 6A). Por el contrario, la densidad de madera gruesa en la zona urbana fue significativamente mayor que en la zona fluvial (Figura 6B) y también en el caso de la madera total, aunque, en este caso, las diferencias fueron marginales (Figura 6C).

### 3.5 Contenido de materia orgánica del suelo

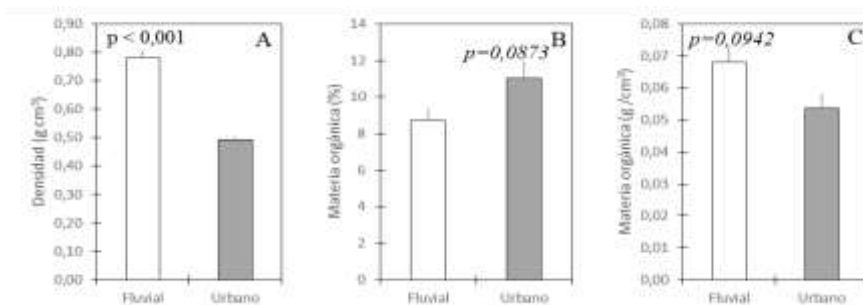


Figura 7: Densidad del suelo en g cm<sup>-3</sup> (A), contenido de materia orgánica del suelo en % (B) y en g cm<sup>-3</sup> (C) en las zonas fluvial (blanco) y urbana (gris) del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student. Valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación.

La densidad del suelo en la zona urbana fue menor que en la zona fluvial (figura 7A) pero con un mayor contenido de materia orgánica (figura 7B). A pesar del mayor porcentaje de materia orgánica del suelo en la zona urbana, el contenido de materia orgánica por unidad de volumen fue menor que en la zona fluvial (figura 7C). Sin embargo, las

diferencias en la densidad y el contenido de materia orgánica entre las dos zonas fueron marginalmente significativas.

### 3.6 Acumulación total de materia orgánica

Tabla 1: Acumulación de materia orgánica en kg ha<sup>-1</sup> en las zonas fluvial y urbana del RVSMERE. Se muestra la media y el error estándar. Los valores de p indican diferencias significativas entre las dos zonas según la t de Student. Valores de p en cursiva indican diferencias marginales o cerca de la significación.

		Fluvial (kg MO ha <sup>-1</sup> )	Urbana (kg MO ha <sup>-1</sup> )	t de Student
		$\bar{X} \pm ee$	$\bar{X} \pm ee$	
Arboles	Blanco	39800 ± 13997	32757 ± 14059	n. s.
	Negro	43320 ± 22344	68318 ± 28853	n. s.
	Rojo	270 ± 193	---	n. s.
Total		83390 ± 9170	101075 ± 32492	n. s.
Madera	> 5 cm	429 ± 231	2724 ± 1261	<i>t<sub>6,6</sub> = -2.39, p = 0.050</i>
	1-5 cm	312 ± 125	2141 ± 1087	n. s.
	< 1 cm	150 ± 91	290 ± 124	n. s.
Total		741 ± 347	4864 ± 2005	<i>t<sub>8,0</sub> = -2.34, p = 0.059</i>
Hojarasca	Blanco	100 ± 12	118 ± 41	n. s.
	Negro	58 ± 25	116 ± 26	n. s.
	Rojo	12 ± 28	---	n. s.
	Hojas	169 ± 27	234 ± 57	n. s.
	FFS	43 ± 10	9 ± 6	<i>t<sub>6,6</sub> = 3.17, p = 0.015</i>
	Restos	91 ± 47	138 ± 38	n. s.
Total		303 ± 75	381 ± 94	n. s.
Algas		130 ± 68	---	<i>t<sub>4</sub> = 2.21, p = 0.091</i>
Neumatóforos		1671 ± 334	689 ± 307	<i>t<sub>7,2</sub> = 2.12, p = 0.070</i>
Suelo (8 cm)		54312 ± 3931	42971 ± 3634	<i>t<sub>7,9</sub> = 2.13, p = 0.065</i>
TOTAL	Sin árboles	57158 ± 4296	48906 ± 4092	n. s.
	Con árboles	140548 ± 13205	149981 ± 30114	n. s.

La acumulación total de materia orgánica en las dos zonas del manglar fue similar y no mostró diferencias significativas (Tabla 1). Al considerar la acumulación de materia orgánica sin incluir el dosel arbóreo, tampoco se observaron diferencias significativas entre las dos zonas, a pesar de que la variabilidad entre parcelas disminuyó considerablemente.

Aunque no se observaron diferencias significativas, se observaron diferencias en la distribución de la materia orgánica entre los diferentes componentes considerados en este estudio (Tabla 1). En la zona urbana, se observó una mayor cantidad de madera muerta que en la zona fluvial. Por otro lado, se observó una mayor densidad de algas, neumatóforos y materia orgánica en el suelo en la zona fluvial (Tabla 1). La mayor densidad de materia orgánica en el suelo que se observó en la zona fluvial compensó los valores más bajos de acumulación de materia orgánica en forma de madera muerta y en

el dosel arbóreo. Así, la diferencia en la acumulación total de materia orgánica entre ambas zonas fue sólo de 9000 kg ha<sup>-1</sup> o aproximadamente un 6 % de la acumulación total de biomasa en la zona fluvial.

## Capítulo IV: Discusión

La biota del manglar que se encuentra presente en la costa ecuatoriana está constituida por 5 familias, 6 géneros y 7 especies comunes en las que encontramos *Avicennia germinans*, *Mora oleífera*, *Rhizophora mangle*, *Rhizophora harrisonii*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Pelliciera rhizophorae* (Bodero, 2005). En las zonas que se delimitaron para el muestreo solamente se encontraron las especies *Avicennia germinans* (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), por lo que según Thom (1967), estas especies están asociadas y se adaptan a bajas salinidades. Por lo tanto, el manglar del RVSMERE es de tipo ribereño y recibe abundante y constante influencia de agua dulce (Moreno & Infante, 2016). Hay una relación directa entre la edad de los árboles y el diámetro de los mismos, habiendo así un aumento de diámetro a través del tiempo según Jerram (1963). El tipo de manglar estudiado en la zona urbana es adulto y presentó árboles con mayor diámetro, a diferencia de los árboles de la zona fluvial que fueron de menor diámetro por ser este un manglar más joven. En un estudio en Ceará, Brasil se presentaron resultados similares donde (Serra et al., 2014) pueden atribuir que los diámetros menores en los árboles presentados en la zona fluvial pueden ser por competencia interespecífica de los mismos. La zona fluvial presentó mayor densidad de pies de mangle blanco y negro que la zona urbana, debido probablemente a la presencia de vertidos y residuos que pueden hacer disminuir la densidad de pies del manglar (Vences et al., 2016). Por otro lado, el área basal de los árboles fue mayor en la zona urbana que en la zona fluvial con 26,86 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, aunque las diferencias no fueron significativas. Y este resultado es similar a un estudio realizado en los manglares de Gabón Norte de África Occidental para determinar las reservas de carbono, donde calcularon el área basal del lugar obteniendo un promedio de 25,4 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (Kauffman & Bhomia, 2017).

La presencia de algas en un manglar es de gran importancia ya que aportan grandes cantidades de materia orgánica (Peña, 2008). Viven sobre los neumatóforos y al ser

plantas, contribuyen a la alta productividad del manglar. Frecuentemente cuando se toca una raíz que ha estado sumergida, se siente cubierta de una sustancia gelatinosa y se puede ver una capa verde limosa que son algas (Siqueiros-Beltrones et al., 2011). También son buenos indicadores de la calidad del manglar, ya que pueden manifestar cambios en cuanto a estructura, composición específica y abundancia en presencia de perturbaciones tales como las variaciones de salinidad, irradiación, temperatura, desecación, la frecuencia e intensidad de agua (Tejada, 2018). Peña, Zingmark & Nietch (1999) aseguran que las algas que se asocian a raíces de mangles pueden contribuir con el 26% de materia orgánica originada por la hojarasca y el 10% del carbono que es reciclado en el sistema. En este estudio las algas representan un 28,5% del total de hojarasca encontrada en la zona fluvial. Estas algas pertenecen al género *Catenella* que habita frecuentemente los bosques de manglar y tolera amplias variaciones de temperatura, desecación y fluctuaciones en los niveles de nutrientes debido al cambio de los ciclos de la marea (West et al., 1994) y suelen crecer sobre plántulas, neumatóforos y raíces (Dawson, 1966). Por el contrario, no hubo presencia de estas algas en la zona urbana, probablemente porque el manglar recibe los vertidos sin tratamiento de la ciudad de Esmeraldas.

La materia orgánica vegetal que se desprende de los árboles es conocida como hojarasca e incluye hojas, ramas, flores, frutos y es una fuente de carbono orgánico para los sedimentos del manglar (Alongi et al., 2005). El aporte de hojarasca al manglar puede representar hasta un tercio de la productividad de carbono (Lee, 1999). Las flores y frutos se presentaron en mayor cantidad en la zona fluvial que en la zona urbana, con un promedio de 43,42 kg/ha lo que posiblemente se deba a que el manglar es más joven y una parte de él todavía se encuentra en proceso de floración y germinación. Mientras que el manglar de la zona urbana que es viejo, se encuentra desprendiendo sus hojas muertas, por ende se registraron más hojas en esta área que en la zona fluvial, con una cantidad de 233,69 kg/ha. Estos resultados se asemejan a los estudios realizados en los bosques de manglar de Panamá, donde obtuvieron una estima de biomasa de hojas de 355 kg/ha y 21 kg/ha de flores y frutos (Lugo & Snedaker, 1974).

La madera muerta son las ramas caídas, troncos, árboles muertos en pie, tocones (Delgado & Pedraza, 2002). Sin embargo en este estudio realizado no se estudió los árboles muertos ni los tocones. La madera muerta se observó en mayor cantidad en la zona urbana que en la zona fluvial, con un promedio de densidad de 9852 dm<sup>3</sup>/ha la cual resulta alta en

comparación a la densidad de madera muerta en los manglares de Airai, República de Palau y Yap que poseen un promedio de 34,34 mg/ha (Kauffman et al., 2011). Esto se debe a que es un manglar viejo y visitado por los moradores que en muchas ocasiones talan los árboles. Y sobre todo este manglar no tiene intervención de corrientes mareales que arrastren la basura y madera muerta que en él se acumulan, a comparación de la zona fluvial que cuando la marea baja, la corriente arrastra todo lo que encuentre superficialmente en el suelo.

El suelo del manglar de RVSMERE en la zona urbana presentó una densidad de 0,49 g/cm<sup>3</sup> con un porcentaje de materia orgánica de 11,01% y en la zona fluvial la densidad fue de 0,78 g/cm<sup>3</sup> con 8,73% de materia orgánica, estos resultados comparados con un estudio de la evaluación de suelos de mangle en Tumaco, Colombia en donde se establecieron dos localidades se determinó que la densidad del suelo de la localidad fue de 1 g/cm<sup>3</sup>, con un porcentaje de materia orgánica de 6,1%, mientras que en la localidad 2 el valor promedio de la densidad fue de 0.7 g/cm<sup>3</sup> con un porcentaje de materia orgánica de 13%. Figueroa y Alvarez (2011) aseguran que con estos resultados los porcentajes de materia orgánica encontrados en estos estudios son altos de manera que mantienen y absorben las bases intercambiables, asegurando la disponibilidad y asimilación de estos elementos para las plantas. La menor densidad de suelos para ambos estudios se presentó en las áreas que se ven influenciadas por actividades antrópicas indicando que son suelos que no se compactan sino que suelen estar constantemente inundados.

Según Guzmán , Menéndez, & Rodríguez (2011) los asentamientos humanos cerca del manglar son uno de los factores ambientales que más afectación causa ya que conllevan a reducir o eliminar el bosque de mangle, causando su fragmentación y debilitamiento. Una de los efectos de los asentamientos humanos es el vertimiento de aguas y sólidos residuales, esto debido a que existen carencias en cuanto a un sistema de gestión de los desechos sólidos y líquidos, llegando a ser el manglar el destino final de los mismos. En el municipio Guamá, Santiago de Cuba los asentamientos urbanos se encuentran alrededor de la zona de protección, es un problema complejo porque existen numerosas presiones ambientales sobre el manglar tales como pastoreo, la tala de árboles, la sedimentación, el relleno del manglar, la agricultura y la extracción de madera (Cruz & Pérez, 2017). Otro caso es el de Brasil, en donde los manglares a pesar de ser un área de protección permanente, también están siendo reducidos ya sea por acciones directas (deforestación, ocupación con fines residenciales, turísticos y acuícolas) o indirectas

(contaminación de los flujos fluviales) (Moura, 2009), siendo las construcciones de piscinas camaroneras una de las razones para destruir el manglar (Meireles et al., 2008). El Refugio de Vida Silvestre Manglar del Estuario del Río Esmeraldas también es un área protegida que sufrió una pérdida de superficie importante debido al progreso de la ciudad y al crecimiento de zonas agrícolas y de piscinas camaroneras (Ministerio del Ambiente, 2015). En la actualidad, se han realizado reasentamientos de familias que vivían en la zona del manglar, las cuales probablemente hayan reducido los efectos de la urbanización. Sin embargo, aún quedan problemas por resolver en los cuales se puede mencionar la reforestación del manglar, los servicios requeridos para restaurarlo, el fortalecimiento de los conocimientos de los comuneros sobre los impactos del cambio climático y las interrelaciones con el manglar (Salazar, 2017).

## Conclusiones

El manglar de la zona fluvial es un manglar joven donde se registraron mayores densidades de pies de mangles, sin embargo, los diámetros de los troncos de la zona urbana fueron mayores que los de la zona fluvial.

El manglar de la zona urbana es un manglar más antiguo que el de la zona fluvial, que se ha visto afectado por los moradores de la comunidad con la generación de desechos sólidos que estos depositan en el lugar, y cuando la marea baja no hay corriente que arrastre la basura hacia el río y queda contaminando el manglar. También la tala de árboles es otro problema que afecta este ecosistema y por esta causa se registraron mayores densidades de madera muerta en el suelo en comparación a la zona fluvial.

Las algas *Catenella* (Clase Rhodophyceae, Familia Rhabdoniaceae) solo se encontraron en el manglar de la zona fluvial, contribuyendo a la alta productividad del manglar ya que poseen mayor tolerancia a la desecación y son más resistentes a condiciones fluctuantes de salinidad y temperatura.

No hubo diferencias significativas en la acumulación total de materia orgánica entre las dos zonas, pero en algunos componentes que se estudiaron si se encontraron diferencias significativas como en los FFS, y diferencias marginales como en la madera muerta, algas, neumatóforos y suelo.

## **Recomendaciones**

El manglar ha sido objeto de considerables intervenciones humanas que han alterado en gran medida la calidad ambiental de este ecosistema, entre las cuales se destacan principalmente la contaminación por residuos sólidos, contaminación por aguas servidas y contaminación por aguas domésticas. Y los principales autores de estos daños ambientales son los moradores de la zona urbana aledaña al manglar. Por lo tanto se recomienda activar programas y campañas de educación, que permitan concientizar a la comunidad de la importancia de conservar y proteger el ecosistema manglar.

Aumentar las actividades de monitoreo y vigilancia sobre las acciones que se desarrollen en las áreas de manglar, para así poder asegurar el correcto uso del recurso. Durante el estudio realizado también se logró evidenciar en el manglar de la zona urbana varios restos de ramas y fragmentos cortados de los árboles, esto no solo disminuye la masa forestal sino que también altera el proceso sucesional del manglar para absorber el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y renovar el aire, por lo que se recomienda que el Ministerio del Ambiente cumpla estrictamente la ley y sancione a las personas que talen los árboles, corten sus ramas y contaminen el ecosistema manglar. De esta forma los moradores del sector o personas externas no volverían a perturbar este entorno.

Estudiar otros manglares de la Provincia de Esmeraldas para estimar la cantidad biomasa y materia orgánica y conocer su potencialidad para capturar carbono. No solo tomando en cuenta a los manglares que tengan influencia fluvial, sino también que tengan influencia con una zona urbana. Ya que estos tipos de manglares, a pesar de su contaminación, también son ecosistemas altamente productivos y además exportan materia orgánica a destinos variados sirviendo de sustrato para el desarrollo de diversos microorganismos.

## Bibliografía

- Alongi, D., Pfitzner, J., Trott, L., Tirendi, F., Dixon, P., & Klumpp, D. (2005). *Rapid sediment accumulation and microbial mineralization in forests of the mangrove Kandelia candel in the Jiulongjiang Estuary, China*. Estuarine, Coastal and Shelf Science.
- Alongi, D. (2011). Carbon payments for mangrove conservation: ecosystem constraints and uncertainties of sequestration potential. *Environmental Science and Policy*, 14: 462-470.
- Blanco, J., Ortiz, L., & Urrego, L. (2015). Reservorios de biomasa aérea y de carbono en los manglares del golfo de Urabá (Caribe colombiano). *Actualidades Biológicas*, 131-141.
- Bodero, A. (2005). *El Bosque De Manglar De Ecuador*. Esmeraldas.
- COA. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Quito.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Quito.
- Cortés, D. (2010). *Flora y vegetación asociada a un gradiente de salinidad en el sector de bahía cispatá (córdoba-colombia)*. Universidad Nacional de Colombia: Posgrado en Biología.
- Cruz, Y., & Pérez, O. (2017). *Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba*.
- D' Cruz, L., & Kwiecinski, B. (1979). *Contribución de los manglares a las pesquerías de la Bahía de Panamá*. *Rev. Biol. Trop.* 28(1):13-29.
- Dawson, E. (1966). *Marine Botany*.
- Delgado, L., & Pedraza, R. (2002). La madera muerta de los ecosistemas forestales. *Foresta Veracruzana*, vol. 4, núm. 2, 59-66.
- Díaz, J. (2011). Una Revisión Sobre los Manglares: Características, Problemáticas y su Marco Jurídico, Importancia de los Manglares, el Daño de los Efectos

- Antropogénicos y su Marco Jurídico: Caso Sistema Lagunar de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 355-369.
- Duke, N. (2010). Mora oleifera. *Lista Roja de Especies Amenazadas 2010 de la UICN*.
- Erazo, A. (2014). Uso Estratégico del Mangle Para El Desarrollo Turístico en el Cantón San Lorenzo, Provincia de Esmeraldas. *Tesis de Grado Previa a la Obtención del Título de Licenciada en Turismo Ecológico*. Quito.
- Eroski Consumer. (2003). Manglares: Bosques salados, en peligro de desaparición. *Eroski Consumer*, 24-25.
- Espino, G. d., Flores-Verdugo, F., Hernández-Pulido, S., & Rodríguez, P. (2011). Concentration Of Nutrients And C:N:P Ratios In Surface Sediments Of A Tropical Coastal Lagoon Complex Affected By Agricultural Runoff. *Universidad y Ciencia*, 145-155.
- Figueroa, L., & Alvarez, R. (2011). *Evaluación de suelos de manglares en dos localidades de la ensenada de Tumaco, Pacífico Colombiano*. Arq. Ciên. Mar.
- Galeano, E., Mancera, J., & Medina, J. (2010). Effect of the substrate on the litter decomposition in three mangrove species in the Biosphere Reserve Seaflower, Colombian Caribbean. *Caldasia*, 411-424.
- Greenpeace. (1998). Manglares, los bosques salados. *Greenpeace*.
- Gutiérrez, J., & Herrera, J. (2014). *Almacenes de Carbono en manglares de tipo Chaparro en un escenario cárstico*. México: Programa Mexicano del Carbono.
- Guzmán, J., Menéndez, L., & Rodríguez, L. (2011). *Metodología para la evaluación de salud del ecosistema de manglar en el Archipiélago cubano*.
- Jerram, M. (1963). *Elementary forest mensuration*. London: Thomas Murby and Company.
- Jiménez, J. (2002). *Laguncularia racemosa (L.) Gaertn. f. Mangle blanco*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Lagunculariaracemosa.pdf
- Jimenez, O. (2006). Los manglares: Barreras protectoras de las costas . *Ambientum*.

- Juman, R. (2005). Biomass, litterfall and decomposition rates for the fringed *Rhizophora* mangrove forest lining the Bon Accord Lagoon, Tobago. *Revista de Biología Tropical*, vol 53(1).
- Kauffman, J. B., Heider, C., Cole, T. G., Dwire, K. A., & Donato, D. (2011). Ecosystem Carbon Stocks of Micronesian Mangrove Forests. *Wetlands* , 343–352.
- Kauffman, J., Donato, D., & Adame, M. (2013). *Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares*. Bogor, Indonesia: Documento de Trabajo 117.
- Kauffman, J. B., & Bhomia, R. K. (2017). Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: Global and regional comparisons. *PLOS ONE*, 1-17.
- Lee, S. (1999). *Tropical mangrove ecology: Physical and biotic factors influencing ecosystem structure and function*. . Australian Journal of Ecology.
- Lema, L., & Polanía, J. (2007). Estructura y dinámica del manglar del delta del río Ranchería, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical*, vol. 55(1), 11-21.
- Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero. (2005). *Ley de Pesca y Desarrollo Pesquero*. Quito.
- Lugo, A. E., & Snedaker, S. C. (1974). The Ecology of Mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 5, 39-64.
- MAE, & FAO. (2014). *Árboles y Arbustos de los Manglares del Ecuador*. 48.
- Meireles, A., Cassola, R., Tupinambá, S., & Queiroz, L. (2008). *Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, Nordeste do Brasil*.
- Mejía, L., Molina, M., Sanjuan, A., & Grijalba, L. (2014). *Bosque de manglar, un ecosistema que debemos cuidar*. Cartagena: Universidad Jorge Tadeo Lozano, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural.
- Mera, V. (1999). *Género, Manglar y Subsistencia*. Quito: Ediciones Abya-Ayala.
- Ministerio del Ambiente. (2010). *Evaluación Definitiva De Reforestación De Manglar En El Refugio De Vida Silvestre De Manglar “Estuario Del Río Esmeraldas” En*

*Cumplimiento A La Resolucion 214.* . Obtenido de <http://simce.ambiente.gob.ec/sites/default/files/documentos/Abel%20Olaya/Informe%20evaluacion%20definifiva%20reforestacion%20de%20manglar%20%20en%20el%20refugio..pdf>

Ministerio del Ambiente. (2015). *Sistema Nacional De Áreas Protegidas Del Ecuador*. Obtenido de Refugio de Vida Silvestre Manglar del Estuario del Río Esmeraldas: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/refugio-de-vida-silvestre-manglar-del-estuario-de-r%C3%ADo-esmeraldas>

Moreno , P., & Infante, D. (2016). *Conociendo los manglares, las selvas inundables y los humedales herbáceos*. Veracruz, Mexico: INECOL - OIMT - CONAFOR.

Moura, A. (2009). *A multi-temporal remote sensing and gis based inventory of the mangroves at itamaracá estuarine system, northeastern Brazil*.

Peña, E., Zingmark, R., & Nietch, C. (1999). *Comparative photosynthesis of two species of intertidal epiphytic macroalgae on mangrove roots during submersion and emersion*.

Peña, E. (2008). Dinámica espacial y temporal de la Biomasa Algal asociada a las raíces de mangle en la Bahía e Buenaventura, Costa Pacífica de Colombia. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*.

Reese, R. (2010). *Restauración Ecológica de los Manglares en la Costa del Ecuador*. Quito .

Regalado, A., Sánchez, L., & Mancebo, B. (2016). *Rhizophora mangle L. (mangle rojo): Una especie con potencialidades de uso terapéutico*. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 4 (1), 1-17.

Reglamento a la Ley De Pesca y Desarrollo Pesquero . (2016). *Reglamento a la Ley De Pesca y Desarrollo Pesquero* . Quito.

Salazar, A. (2017). *Restauración de manglares en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas*.

- Serra, M., Vide, D., Martínez, M., Domínguez, J., & Amorós, J. (2014). *Estudio multidisciplinario del ecosistema manglar en la comunidad tradicional de Curral Velho (Ceará, Brasil)*. Bellaterra.
- Sierra, O., Mancera, J., & Santos, A. (2009). Velocidad de descomposición de la hojarasca en diferentes sustratos de manglar durante la época de lluvias en San Andrés Isla, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 59-84.
- Siqueiros-Beltrones, D. A., López-Fuerte, F. O., Hernández-Almeida, O. U. & Argumedo-Hernández, U. (2011). Microalgas asociadas a sistemas de manglar. En: Fernando, E., Pico, F., Serviere Zaragoza, E., Riosmena Rodríguez, R. & León de La Luz, J. L. (eds.): *Los manglares de la península de Baja California*, Publicación de divulgación del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California, México.
- Smith, T. J., & Whelan, K. R. (2006). Development of allometric relations for three mangrove species in South Florida for use in the Greater Everglades Ecosystem restoration. *Wetlands Ecology and Management*, 14(5), 409-419.
- Tejada, O. (2018). *Estudio preliminar de la epibiosis vegetal en raíces y neumatóforos de mangle en el Estero de Jaltepeque Departamento de La Paz*.
- Thom, B. (1967). *Mangrove ecology and deltaic geomorphology*. Tabasco, Mexico: Journal of Ecology. 55: 301-343.
- Valdez, J. (2004). Manejo forestal de un manglar al sur de Marismas Nacionales, Nayarit. *Madera y Bosques*, vol. 10, núm. Es2, 93-104.
- Vences Martínez, J. Á., Sampedro Rosas, M. L., Castillo Elías, B., Olmos Martínez, E., Juárez López, A. L., Reyes Umaña, M., Cipriano Espinosa, J. D. (2016). *Afectación del manglar por actividades antropogénicas en la subcuenca de Nuxco, Guerrero, México*.
- Vera, A., & Martínez, M. (2013). Bosque de manglar: ambiente para la enseñanza y aprendizaje de la Ecología. *Multiciencias*, vol. 13, núm. 1, 46-52.
- West, J., Zuccarello, G., Pedroche, F., & Karsten, U. (1994). *Caloglossa apomeiotica sp. nov. (Ceramiales, Rhodophyta) from Pacific Mexico*.

Yepes, A., Zapata, M., Bolivar, J., Monsalve, A., Milena Espinosa, S., Sierra-Correa, P. C., & Sierra, A. (2016). Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, vol. 64 (2), 913-914.

Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G.\*, Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C., and Chave, J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Toma de Muestras



*Fotografía 1: Medición del diámetro de troncos de árboles*



*Fotografía 2: Recolección de la muestra de hojarasca*



*Fotografía 3: Medición de la madera muerta del suelo*



*Fotografía 4: Recolección de muestra de suelo*



*Fotografía 5: Recolección de muestra de neumatóforos*

## **Anexo 2. Análisis de laboratorio**



*Fotografía 6: Separación de hojarasca*



*Fotografía 7: Secado de muestras al aire*



*Fotografía 8: Secado de muestras en la estufa*



*Fotografía 9: Calcinación de muestras*



*Fotografía 10: Pesaje de muestras*