



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

SEDE  
ESMERALDAS

# **ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

## **TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE LA DIVERSIDAD VEGETAL EN LA  
DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA DE  
MANGLE EN EL RVSHERE**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

### **AUTOR**

**JUAN VALENCIA PEZO**

### **ASESOR**

**PhD. JON MOLINERO**

**ESMERALDAS - ABRIL, 2022**

## **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

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 INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

Presidente Tribunal de Graduación

### **Lector 1**

Mgt. Rubén Vinueza Cherrez

### **Lector 2**

Mgt. Pedro Jiménez Prado

### **Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental**

MSc. Karla Solís Charcopa

### **Director de Tesis**

PhD. Jon Molinero Ortiz

Esmeraldas, ..... de..... de 2021

## **AUTORÍA**

Yo, Juan Francisco Valencia Pezo, declaro que la presente investigación enmarcada en el trabajo de tesis es absolutamente original, autentica y personal. En virtud que el contenido de esta investigación de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCESE.

---

Juan Francisco Valencia Pezo

C.I. 0804331866

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer, en primer lugar, a Dios por bendecir cada uno de mis pasos y darme fortaleza en los momentos más difíciles de este trayecto. Expreso mi más sincero agradecimiento a mis padres, Dolores Pezo y Oscar Valencia, por su apoyo incondicional y ser los principales impulsores en cada uno de mis sueños, por ser mi guía, por confiar, por inculcar los mejores principios y valores y por ser mi orgullo y ejemplo a seguir en cada etapa de mi vida. Les amo.

Agradecer a mi hermana, por ser mi compañera y mi amiga, por siempre brindarme cada uno de sus valiosos consejos, y por ser también una de mis inspiraciones para superarme día a día. Agradezco a mi mejor amiga y compañera de vida Danieska Reyes, por siempre estar allí, alegrarme cada uno de mis días, por sus consejos hermosos y que me ayudan a superarme y por ser una de las personas más importantes en mi vida, gracias por formar parte de mis logros.

Agradezco a mis pequeñas hijas, Dakota, Peggi y Clari Bella por ser la alegría de la casa y por llenar de energía positiva cada rincón de nuestro lindo hogar.

Un especial agradecimiento a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Esmeraldas, en especial a la Escuela de Gestión Ambiental, a cada uno de los docentes quienes me brindaron sus mejores conocimientos y valores y fueron parte importante en mi formación académica y humana, durante cada semestre. Agradezco a mi tutor de tesis Jon Molinero, por ser mi guía y apoyo en el proyecto y por inculcarme sus conocimientos valiosos y siempre estar presto a ayudarme en todo momento.

## DEDICATORIA

La presente Tesis, está dedicada a:

Dios, por ser nuestro creador y dueño de la vida y por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida.

Mis padres Dolores Pezo y Oscar Valencia, que, con su esfuerzo, amor, apoyo y paciencia, me han brindado la oportunidad de llegar a cumplir uno de mis más grandes sueños, todo se lo debo a ustedes, gracias por plasmar en mí el ejemplo de valentía y de perseverancia, de no rendirme ni temer a las adversidades de la vida, porque mi Dios siempre estará conmigo.

A mi mamá decirle que es la mujer que más amo en este mundo, gracias por ser una luchadora y por enseñarme a que jamás se tira la toalla, por enseñarme el camino del bien y del mal y por guiar cada uno de mis pasos. A mi papá por enseñarme que nada en la vida viene sin esfuerzo ni gratis, por enseñarme que, incluso viniendo de abajo, puedes conseguir las cosas y logros más grandes que te propongas, con humildad y respetando a los demás, sin pasar por encima de nadie. A mi hermana Belky Valencia, por ayudarme con sus consejos de superación y por estar siempre presta a extenderme una mano, cuando más lo necesito, eres la mejor hermana del mundo.

Una dedicatoria especial, para mi mejor amiga, compañera, novia y ser lleno de luz y alegría, Danieska Reyes, por siempre estar allí, en las buenas, pero más en las malas, fuiste una parte muy importante durante este proceso encaminado al éxito, gracias por preocuparte por mí a cada instante, por tus consejos, regaños, ya que sé que siempre quisiste lo mejor en mi porvenir y hoy lo tomo como uno de los recuerdos más bonitos y preciados que me pudiste brindar, te agradezco por cada aporte y ayuda no sólo en la construcción de mi tesis, sino también en lo personal, en mi vida, eres motivación e inspiración.

Hoy puedo decir mamá, papá, hermana, novia, lo logré. Les amo.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>TRIBUNAL DE GRADUACIÓN</b> .....	i
<b>AUTORÍA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Presentación del tema de investigación.....	1
Planteamiento del problema .....	4
Justificación .....	6
Objetivos .....	8
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEORICO</b> .....	9
Bases teóricas-científicas .....	9
Antecedentes .....	14
Marco Legal .....	16
<b>CAPITULO II: METODOLOGÍA</b> .....	18
Área de estudio.....	18
Análisis de parámetro físicoquímicos.....	19
Experimento de descomposición .....	20
Análisis de datos.....	23
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b> .....	24
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN</b> .....	28
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES</b> .....	31
<b>CAPITULO VI: RECOMENDACIONES</b> .....	31
<b>ANEXOS</b> .....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características físicas y químicas del agua de incubación.....	24
<b>Tabla 2.</b> Tasas de descomposición observadas en cada tratamiento.....	25
<b>Tabla 3.</b> Resultados de la ANOVA de una vía (Tratamiento) para el peso remanente .....	25
<b>Tabla 4.</b> Comparación de fracción de masa remanente medida y estimada.	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de estudio RVSMERE .....	18
<b>Figura 2.</b> Colorímetro Hach DR900.....	20
<b>Figura 3.</b> Tratamientos con diferente diversidad .....	21
<b>Figura 4.</b> Incubación de los tratamientos en los microcosmos .....	22
<b>Figura 5.</b> Estufa marca ELOS .....	23
<b>Figura 6.</b> mufla ThermoScientific.....	23
<b>Figura 7.</b> Fracción remanente en los microcosmos para cada tratamiento (media $\pm$ desviación estándar) .....	27

## Resumen

El Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas representa un manglar joven en el cual se han realizado pocas investigaciones sobre la incidencia de la diversidad de mangles en la descomposición de la hojarasca, la misma que podría proporcionar datos, conocimiento e información necesaria y valiosa para la conservación, restauración y rehabilitación ecológica de esta área ecosistema. Por tales motivos, el presente estudio se realizó con la finalidad de estudiar el efecto de la diversidad de mangles en la descomposición de la hojarasca en este ecosistema. La metodología consistió en el desarrollo de un experimento de descomposición de microcosmo para determinar el efecto de las distintas especies de mangle en el funcionamiento del manglar. Para aquello se prepararon 7 tratamientos con diferente diversidad: 3 tratamientos de una especie (MR, MN, MB), 3 tratamientos de 2 especies (MR+MN, MN+MB y MB+MR) y 1 tratamiento de 3 especies (MR+MB+MN), posteriormente se efectuaron 8 réplicas de cada tratamiento para un total de 56 microcosmos. Los resultados determinaron que las diferencias entre tasas de descomposición entre los distintos tratamientos de las especies de mangle en R2 no fueron significativas (ANCOVA:  $F_{6,42} = 1.21$ ,  $p > 0.05$ ), demostrando que no hay interacción entre las especies al igual que con las tasas de descomposición. Asimismo, se concluyó que no hubo una interacción o relación de sinergia o antagonismo, por lo que la presencia o ausencia de estas especies, no causa efectos en la descomposición de la hojarasca o materia orgánica en estos ecosistemas.

**Palabras claves:** efectos, diversidad, manglares, microcosmos, descomposición

## **Abstract**

The Manglares Estuario del Río Esmeraldas Wildlife Refuge represents a young mangrove swamp in which little research has been carried out on the incidence of plant diversity in the decomposition of organic matter, which could provide data, knowledge and information necessary and valuable for the conservation, restoration and ecological rehabilitation of this ecosystem area. For these reasons, the present study was carried out with the purpose of studying the effect of plant diversity on the decomposition of litter in this ecosystem. The methodology consisted in the development of a microcosm decomposition experiment to determine the effect of the different mangrove species on the functioning of the mangrove. For that, 7 treatments with different diversity were prepared: 3 treatments of one species (MR, MN, MB), 3 treatments of 2 species (MR+MN, MN+MB and MB+MR) and 1 treatment of 3 species (MR+ MB+MN), then 8 replicates of each treatment were made for a total of 56 microcosms. The results determined that the differences between decomposition rates between the different treatments of the mangrove species in R2 were not significant (ANCOVA:  $F_{6,42} = 1.21$ ,  $p > 0.05$ ), demonstrating that there is no interaction between the species as with decomposition rates. Likewise, it was concluded that there was no interaction or relationship of synergy or antagonism, so the presence or absence of these species does not cause effects on the decomposition of organic matter in these ecosystems.

**Keywords:** effects, diversity, mangroves, microcosm, decomposition

# INTRODUCCIÓN

## Presentación del tema de investigación

Los manglares constituyen asociaciones de árboles, arbustos y otra vegetación que se encuentran dominando la zona intermareal a lo largo de las costas, islas y estuarios en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo <sup>(1)</sup>. Los manglares son las formaciones vegetales características del litoral de las costas cuyo medio de dispersión depende de la especie y sus propágulos que pueden flotar durante largos períodos y seguir siendo viables. Los mangles son plantas leñosas que se caracterizan por su capacidad o habilidad usual para crecer y reproducirse a lo largo de litorales preservados de las mareas y crecen en fondos o sedimentos salinos con frecuencias anaerobias, asimismo inundados por agua salobres, estacionales o perennes (1).

Los manglares juegan un papel esencial a la hora de afrontar los efectos del cambio climático y problemas relacionados con el mismo (2). Tienen la capacidad para secuestrar y almacenar CO<sub>2</sub>, y otorgar amortiguación contra los impactos climáticos como el aumento abrupto del nivel del mar, incremento de sal en el agua, sedimentación y erosión del suelo en las tierras altas. El almacenamiento de carbono de los manglares se encuentra delimitado por su productividad primaria y la velocidad de descomposición de la materia orgánica. La existencia de una producción vegetal elevada y una velocidad de descomposición baja en los suelos, permite el almacenamiento de carbono en el suelo (2).

En las zonas costeras de todo el continente americano se registran cuatro especies de mangle del género *Rhizophora* (Linneo, 1753) (*Rhizophoraceae*), cuatro del género *Avicennia* (Linneo, 1753) (*Acanthaceae*), y las especies *Laguncularia racemosa* (L) (Gaertn.f., 1805) (*Combretaceae*), *Conocarpus erectus* (Linneo, 1753) (*Combretaceae*), y *Pelliciera rhizophorae* (*Tetrameristaceae*) (3).

En la costa ecuatoriana, la composición florística de los manglares se caracteriza por la existencia de cinco familias: *Leguminosae*, *Rhizophoraceae*, *Vervenaceae*, *Combretaceae*, y *Theaceae*, al igual de seis especies habituales que son:

*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Mora oleífera*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus*, y *Pelliciera rhizophorae* (Bodero, 2005).

En la provincia de Esmeraldas, las especies de mangle que habitan en el RVSMERE (Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas) son: el mangle negro (*Avicennia germinans* L.), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaerth) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.). Estas especies de mangle poseen una gran capacidad para adaptarse a las condiciones de áreas inundable con altos niveles de salinidad, que son factores esenciales para la distribución de estas especies en los manglares de esta provincia (4).

Al hablar de manglares, resulta relevante resaltar los factores que influyen en la distribución de las especies de mangle. Entre los factores más determinantes a describir tenemos al clima, debido a que las especies de manglares son propias de zonas tropicales y en menor medida se distribuyen en zonas templadas sin inviernos excesivamente fríos. Otros de los factores a destacar es la temperatura, la misma que representa un factor bioclimático fundamental para las especies de mangle, dado en que el incremento de la temperatura produce mayor evapotranspiración, y, por consiguiente, un incremento de la salinidad que puede alterar su crecimiento (5).

El suelo, las mareas, corrientes y la salinidad son otros de los factores esenciales para la distribución de los manglares. Destacando que para el mantenimiento de un ecosistema de manglar se requiere de un ambiente salino, siendo fundamental para el crecimiento de la mayoría de las especies de mangle. Es importante resaltar que el suelo constituye el principal factor para el desarrollo y distribución de cualquier especie de manglar, que en su mayoría suele desenvolverse en suelo pantanoso-fangoso (6).

Los manglares disponen de la mayor concentración de carbono en el primer metro de perfil del suelo, constituyéndose este suelo en la mayor reserva de elementos inorgánicos y orgánicos en el bosque de mangla (2). En los bosques de manglar y ecosistemas estuarinos, los elementos como el fósforo y el nitrógeno fósforo son generalmente nutrientes limitantes, debido a que su reserva depende de la producción primaria de éstos bosques (4). Las hojarascas

representan uno de los componentes del bosque de manglar que se descompone no sólo gracias a los cambios químicos en las hojas por degradación enzimática, sino también por los cambios en la composición de los microbios que han colonizado la materia (3). Por otro lado, las bacterias forman biopelículas sobre las hojas, usándolas como sustrato para aprovechar las proteínas, carbohidratos, lignocelulosa y grasas como fuente de obtención de energía y para incrementar el contenido proteínico del detrito vegetal a través de la descomposición de sus componentes refractarios (7).

De acuerdo al estudio realizado por Murrieta (8) la tasa de descomposición de las especies de mangle varía entre ellas conforme a las características del entorno en que se descomponen y las particularidades de cada especie, resaltando que el mangle rojo posee la descomposición más lenta, seguido del mangle blanco que exhibe una mayor tasa de descomposición en la zona urbana, y por último el mangle negro que posee una mayor tasa de descomposición en el espacio de río. Sumado a esto, la velocidad de descomposición del mangle negro oscila entre ( $k = -0.033$  a  $0.55 \text{ d}^{-1}$ ), el mangle rojo ( $k = -0.013$  a  $0.024 \text{ d}^{-1}$ ) y el mangle blanco ( $k = -0.016$  a  $-0.042 \text{ d}^{-1}$ ).

A nivel local, el RVSMERE es una zona aislada geográficamente de otros manglares de la provincia de Esmeraldas. Representa un manglar joven al cual se le ha realizado pocas investigaciones sobre la incidencia de la diversidad de mangles en la descomposición de la hojarasca, la misma que podría proporcionar datos, conocimiento e información necesaria y valiosa para la conservación, restauración y rehabilitación ecológica de esta área ecosistema y los otros manglares existentes en la provincia de Esmeraldas.

## **Planteamiento del problema**

El almacenamiento de carbono en el manglar está determinado por su producción primaria y la velocidad de descomposición de la materia orgánica. Al existir una producción vegetal alta y una velocidad de descomposición baja en los suelos inundados, se almacena carbono en el suelo (5).

La descomposición de la materia orgánica en los manglares representa una fuente de carbono estable en el humedal, debido a que la producción primaria está delimitada por la sombra que generan los árboles (10). La descomposición de la materia orgánica está delimitada por factores específicos al material vegetal, como las características morfológicas, la relación carbono nitrógeno (C: N) del material y la especie de mangle. A esto se añaden factores extrínsecos (abióticos y bióticos) como el clima, la temperatura, la humedad, el clima y la comunidad microbiana (10).

Con base a la influencia o efectos de la diversidad vegetal en el funcionamiento de los ecosistemas de manglar, aún existe poca información concerniente a que si la diversidad vegetal en los manglares puede reducirse sin generar implicaciones funcionales. Las actividades forestales y agrícolas suelen considerar que los sistemas con pocas especies poseen poca estabilidad, mientras que, por otro lado, las consecuencias o efectos generales de la biodiversidad en sistemas naturales resultan aún muy poco conocida (12).

La progresiva eliminación y degradación de la diversidad vegetal de los ecosistemas de manglar, que a menudo se encuentra asociada a la deforestación, la agricultura y construcción de piscinas acuícolas pueden generar afectaciones en los procesos claves que se desarrollan en estos ecosistemas como la descomposición de la hojarasca (4). La hojarasca es utilizada por invertebrados detritívoros y descomponedores microbianos, que integran el material vegetal en biomasa animal (4). La actividad detritívora y microbiana, en conjunto con la fragmentación mecánica dan lugar a la producción de materia orgánica en partículas finas, que brinda y proporciona un recurso significativo para otros consumidores como filtradores-alimentadores y recolectores-recolectores (6), y en última instancia a los depredadores de vertebrados e invertebrados.

Comprender cómo estos procesos se ven afectados por la pérdida de biodiversidad es esencial evaluar las alteraciones que se pueden producir en el funcionamiento del ecosistema manglar, como consecuencia de las altas tasas actuales de extinción (9).

El RVSMERE es un área aislada geográficamente de otros manglares de la provincia de Esmeraldas. Se trata de un manglar joven, poco estudiado y fácilmente accesible desde la ciudad de Esmeraldas. El estudio de la influencia de la diversidad de mangles en la descomposición de la hojarasca podría brindar conocimientos valiosos para la restauración o rehabilitación ecológica de este manglar y de otros manglares en la provincia de Esmeraldas. Lo detallado anteriormente nos hace plantear la siguiente pregunta:

¿Cómo influye la diversidad de especies de mangle en la descomposición de la hojarasca en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas?

## **Justificación**

En la zona costera tropical, los manglares constituyen uno de los principales productores, al proporcionar un aporte nutritivo inmenso, sirven de criaderos naturales para las postlarvas y juveniles de la mayor parte de las especies crustáceos y peces comerciales de las aguas someras tropicales, zona amortiguadora de la interface Tierra-Océano (protección a las zonas costeras frente a fenómenos naturales como inundaciones, tsunamis, vientos y mareas), entre otras. El manejo adecuado, el uso sostenible y la conservación de los manglares como un área intrínseca de transición entre el mar y la tierra se basa en su conocimiento taxativo y de la puesta en valor de sus servicios o funciones ambientales (9).

Los ecosistemas de manglar funcionan como grandiosos sumideros de carbono, con una capacidad de almacenamiento de carbono superior a la de los bosques templados y tropicales de altitudes mayores (6). La identificación de los factores que regulan la descomposición de la materia orgánica en los manglares es fundamental para el alcance del balance actual y futuro de este elemento (7). Entre los ecosistemas tropicales costeros existe un elevado grado de intercambio de carbono a distintas escalas espaciales (7).

Los manglares pueden aprovecharse como exportadores de carbono particulado o disuelto, a la vez que importan materia orgánica procedente de ecosistemas colindantes. La hojarasca es un componente exuberante de producción vegetal sobre la zona de un bosque de manglar y una manera de introducir carbono al suelo. La caracterización de su tasa de descomposición es de gran importancia en los esquemas integrados de flujo de carbono y otros nutrientes mediante los ecosistemas costeros (8).

En Ecuador son pocos los estudios que se han realizado con respecto a la, incidencia de la diversidad vegetal en la descomposición de la hojarasca de mangle pese a que se han realizado varias investigaciones con la finalidad de obtener datos de la biodiversidad (5).

Estudios señalan que el estudio de la descomposición orgánica de los manglares es primordial para el diseño de futuros planes de gestión o manejo, a su vez la identificación de las principales causas de la degradación de estas zonas. El

nitrógeno como el fósforo, al ser componente limitados, juegan un papel muy importante en la productividad de los bosques de manglar (8).

La información concerniente diversidad vegetal y descomposición de de hojarasca de mangle en el RVSMERE resulta muy escasa, surgiendo la necesidad de realizar proyectos investigativos con la finalidad de estudiar el efecto de la diversidad de mangles en la descomposición de la hojarasca en el RVSMERE. Los datos e información obtenida mediante la presente investigación obtenidos valdrán como línea base para empezar proyectos de conservación o manejo sostenible de la flora de este ecosistema.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Estudiar el efecto de la diversidad de mangles en la descomposición de la hojarasca en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la tasa de descomposición de la hoja de mangle negro, mangle rojo y mangle blanco en microcosmos.
- Evaluar el efecto de la diversidad de especies de mangle (una especie, dos especies o tres especies) sobre el proceso de descomposición.

# CAPÍTULO I: MARCO TEORICO

## Bases teóricas-científicas

### Efectos de la diversidad y el funcionamiento de los ecosistemas

Durante las últimas décadas, tanto los científicos como los ecólogos han discutido la incidencia o los fuertes efectos de la diversidad de especies en el equilibrio o funcionamiento de los ecosistemas <sup>(16)</sup>. Las discusiones ecológicas basadas en la observación y modelos matemáticos establecieron que una gran diversidad de especie es sinónimo de una mayor estabilidad del ecosistema (16) debido a que incrementa la eficacia en el consumo de recursos y la posibilidad que el ecosistema pueda solventar perturbaciones raras o extremas.

En cuanto a la incidencia a los efectos del número de especies en la función del ecosistema se han formulado cinco hipótesis. En primer lugar, la conjetura clásica de la diversidad y estabilidad sostiene que una comunidad con una gran diversidad de especie tiene mayor resistencia a los disturbios o perturbaciones <sup>(19)</sup>. Asimismo, esta hipótesis es destacada por la respuesta de tipo I planteada por Vitousek y Hopper en el año de 1993. En segundo lugar, la hipótesis del remache (18), la cual defiende que todas las especies favorecen a los procesos del ecosistema. Esta suposición constituye una analogía entre una maquinaria ajustada y un ecosistema a través de roblones. Al eliminarse un roblón de la máquina, los segmentos o piezas quedan más libres y la actividad de la máquina no será el 100% deseado. Existen especies (roblones) que ejercen mayor efecto que otros. La tercera suposición, la hipótesis de la redundancia (19) defiende la necesidad de una pequeña cantidad de especies necesaria para que un ecosistema pueda funcionar, pero a partir de un número fijo su efecto es similar. Esta se convirtió en la respuesta de tipo II acorde a la descripción de Vitousek y Hopper en el año de 1993. En discrepancia, la cuarta hipótesis idiosincrática aboga que, los procesos ecosistémicos varían conforme el número de especies, pero resulta difícil prever el sentido y la magnitud del cambio. Por último, la hipótesis nula (tipo 3) de que no hay alguna correspondencia entre la diversidad de especies y el funcionamiento del medio ambiente.

Existen varios estudios relacionados a los efectos de la diversidad de las especies en los procesos que ocurren en los ecosistemas. Tal es el caso del avance de los experimentos con ecotrones realizados por Naeem et al. (19). Los ecotrones representan cámaras de laboratorio en donde se implementaron pequeños ecosistemas con tres niveles de diversidad de especies que incorporaban productores, descomponedores y consumidores primarios y secundarios. Se evaluaron cinco parámetros distintos: descomposición a corto y largo plazo, respiración de la comunidad, retención de agua, productividad primaria neta y disponibilidad de N, P y K. Con excepción de la descomposición a largo plazo, los demás procesos fueron afectados por la diversidad de especies de una forma poco consistentes y las diferencias cambiaron con el tiempo. De igual manera, la diversidad de especies incrementó considerablemente la producción primaria neta, mientras que por otro lado la respiración de la comunidad disminuyó. Por lo que el efecto del incremento de la diversidad de especies en la descomposición a largo plazo ratificaría la hipótesis nula, la descomposición a corto plazo y la retención de agua y nutrientes la hipótesis idiosincrática, mientras que la respiración la hipótesis idiosincrática (19).

### **Descomposición de materia orgánica**

La necromasa proveniente del entorno aéreo del manglar representa el componente más esencial en cuanto a la interacción activa (energética) de los mangles con los biomas colindantes y el mar. Una vez que las hojas caen, una porción de las mismas se combina con el fango y otra es expedida por la acción generada por las mareas, para posteriormente convertirse en residuos orgánicos esenciales que se incorporan al curso o ciclo de materia a través del proceso de desintegración (18).

La cantidad de materia orgánica y energía transferida pende de la tasa de degradación de la hojarasca, la misma que pende del nivel y la asiduidad de la inundación de las mareas, la ausencia o existencia de la fauna que se alimenta de hojarasca en el interior de los humedales (manglares) y los factores edáficos como climáticos (18). Por otra parte, el periodo o la velocidad de descomposición de la hojarasca puede cambiar de un lugar a otro y los tipos de humedales. De

igual manera, las tasas de descomposición fluctúan considerablemente entre especies vegetales, de acuerdo a la composición química foliar y la anatomía (específicamente, las concentraciones de nutrientes y ligninas) (8).

### **Influencia de la biodiversidad en la descomposición de materia orgánica**

La desintegración de materia orgánica constituye uno de los procesos del ecosistema o entorno natural que posee una gran relevancia debido al papel que desempeña dentro del ciclo de los nutrientes y el carbono. Las especies u organismos descomponedores se encargan de degradar los tejidos muertos, como es el caso de la hojarasca, a través de los cuales obtienen energía, para posteriormente liberar compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos de menor propiedad nutritiva (16). Tal es el caso de los azúcares, los cuales se convierten en CO<sub>2</sub> en el momento que las bacterias y los hongos desintegran la hojarasca.

Existen una serie de aspectos en los cuales la biodiversidad puede influir en la descomposición o degradación de la materia orgánica. Por un lado, se encuentra el efecto de la diversidad de la materia que se degrada, y por el otro, la diversidad de los organismos descomponedores. El principal componente de la descomposición es la calidad final de la hojarasca, y esta puede variar significativamente entre especies (19).

Estudio realizado por Pérez-Harguindeguy et al. (19) analizaron la acción o el efecto que puede ejercer la diversidad de la hojarasca en el proceso de descomposición de la materia. Para aquello se realizó un experimento in situ (en campo) en donde se pusieron a descomponer las hojas muertas de varias especies. La desintegración de la combinación de especies no pudo predecirse con relación a la desintegración de las hojas de manera individual, determinando de esta manera los efectos no-aditivos de la diversidad vegetal sobre la descomposición. De la misma manera, se han realizado varios experimentos con manipulación de la diversidad de la hojarasca, los resultados han determinado que la descomposición puede variar si existe más de una especie (efectos no-aditivos) pero no corresponde al número de especies existentes (efectos no-lineales) (19).

## **Ciclo de la materia orgánica en manglares**

En el ecosistema de manglar, el ciclo de la materia orgánica abarca la productividad primaria de los mangles blanco, negro y rojo, orquídeas, bromelias y leguminosas, conformando la biomasa de madera y hojarasca que va reservando carbono al ecosistema. La producción secundaria incluyendo los crustáceos y la fauna bentónica detritívora que se alimenta de los detritus orgánicos es la encargada del procesamiento de alrededor del 50% de la hojarasca originada por el mangle (19).

La materia orgánica que no es procesada por detritívoros es descompuesta en el medio a través de los agentes microbianos y los procesos de lixiviación, disipando el carbono orgánico en forma de carbohidratos que constituyen entre el 40 y el 20 % del peso de la hoja. Posteriormente, se produce un proceso de desintegración saprofitica en el intervienen organismos zoospóricos protistas, los cuales se encargan de la digestión y extracción de la celulosa y los componentes polisacáridos de la hojarasca. Finalmente se lleva a cabo la fragmentación, de tal forma que el detrito sobrante se concentra al suelo (19).

La descomposición de la hojarasca produce un enriquecimiento del suelo con nitrógeno (N) y fósforo (P), así como también lípidos, ácidos grasos monosaturados y aminoácidos hidrosolubles (19), empezando nuevamente el ciclo con la producción primaria nutrida por los componentes que enriquecieron el suelo.

## **Manglares**

Los manglares son ecosistemas que se establecen especialmente en las áreas intermareales, desembocaduras de ríos, en deltas y estuarios. Estos bosques están conformados por varias especies de plantas leñosas conocidas como mangle, las cuales poseen adaptaciones fisiológicas y morfológicas que le otorgan la capacidad para tolerar un ambiente con condiciones de inundación fluctuantes y elevada salinidad, características propias de un ecosistema marino-costero (20).

Los manglares poseen adaptaciones como raíces aéreas, las cuales le permiten obtener oxígeno en áreas inundables. El suelo de los manglares puede poseer

rocas y corales duros muertos, carbonato o arena de cuarzo, limo muy fino y arcilla, y no es muy estable. Asimismo, puede ser alcalino o ácido con un rango de pH de 5.8 a 8.5 (17).

Los manglares proporcionan una gran variedad de servicios ambientales como son la protección de las costas frente a los tsunamis y la erosión, la retención de carbono y su uso como guardería por la fauna acuática (9). Los manglares tienen una gran importancia debido al potencial que poseen para acumular carbono, a causa de la descomposición lenta de la materia orgánica y la alta productividad de la vegetación (20).

### **Composición florística**

Las principales especies de mangle que se encuentran en el RVSMERE son:

***Avicennia germinans L.***, también conocido como mangle negro, el cual puede alcanzar una altura de hasta 25m. Se caracteriza por soportar niveles de salinidad elevados y es estimada como una especie dominante en la zona interior del manglar. Posee una distribución en América que va desde las costas de México hasta el norte de Perú, y en el Atlántico se distribuye desde Florida hasta Brasil (17).

El mangle negro se encuentra amenazado a causa de su tala indiscriminada para su uso maderable (9). En áreas con influencia de *A. germinans* en grupo con *L. racemosa*, los manglares muestran un alto contenido de carbono orgánico en el suelo, con una elaboración de hojarasca de 701.7 g/m<sup>2</sup> /año y una tasa de descomposición de 0.0051 d<sup>-1</sup> y un periodo estimado de descomposición de 138 días (18).

***Rhizophora mangle (L.)***, también conocido como mangle rojo, caracterizado por su presencia mayoritaria en las superficies marginales limitando con los cuerpos de agua. Se distribuye en América desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Perú y desde Florida hasta el sur de Brasil. Posee una producción de hojarasca de 683.8 a 705.9 g/m<sup>2</sup> /año con un crecimiento de plántulas de 0,85 cm/mes. Por otro lado, posee una tasa de descomposición registrada entre 0.0027 y 0.01245 d<sup>-1</sup>, obteniendo una pérdida total de biomasa en un tiempo máximo de 257 días (20).

***Laguncularia racemosa (L.)*** o mangle blanco, se caracteriza por su altura que supera los 30 m de dosel y tiene una velocidad de crecimiento superior al mangle rojo, con una media de 1,85 cm/mes y un alto potencial para la remoción de nutrientes inorgánicos como fosfatos y compuestos nitrogenados. Se encuentra en América al igual que el mangle rojo y el mangle negro. Están presentes en México, Ecuador, Centroamérica, el Caribe, Venezuela, Brasil, Guyana, Surinam y Colombia (18).

Otras de sus cualidades es su una producción de hojarasca de 379 g/m<sup>2</sup> /año y una tasa de descomposición de 0.0032 d<sup>-1</sup>, perdiendo la totalidad de su materia foliar en 216 días (18).

### **Antecedentes**

Existen pocos estudios referentes a los efectos de la biodiversidad en los procesos que ocurren en un ecosistema, en especial en el proceso de descomposición de la materia orgánica. A manera de antecedente podemos citar el estudio realizado por Schindler y Gessner (21) quienes analizaron los rasgos funcionales de las hojas y sus efectos sobre la biodiversidad y la descomposición de la hojarasca en un arroyo situado en Steina (Suroeste de Alemania). La metodología se basó en un experimento de campo en un arroyo, en donde se utilizaron las hojarasca de nueve especies de árboles, las cuales fueron mezcladas en un total de 40 combinaciones y posteriormente fueron colocadas sobre arena de malla fina y de malla gruesa. Se emplearon bolsas para distinguir entre los efectos potenciales mediados por descomponedores microbianos y detritívoros. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la diversidad de la basura no afecta la descomposición general. Pese a esto, los resultados también brindan apoyo a la idea de hallazgos contradictorios de experimentos previos que prueban los efectos de la diversidad de la basura sobre la descomposición, reconociendo que una variedad de interacciones con la basura puede producir varios efectos en la descomposición (21).

Otra investigación a destacar es López (22) sobre los efectos de la diversidad de las plantas en la descomposición y producción de FPQM en corrientes (Agüera-Norte de España). El estudio se basó en un experimento de microcosmos para examinar los efectos de la pérdida de diversidad vegetal en la descomposición

de la hojarasca, la producción de materia y crecimiento de un detritívoro triturador de hojas dominante. Para aquello se utilizaron mezclas de hojarasca variando en la composición de especies. La hipótesis del estudio sostenía que la pérdida de diversidad vegetal disminuiría las tasas de todos los procesos estudiados, pero tales efectos dependerían de los rasgos foliares presentes en mezclas de hojarasca (tanto sus valores medios como su variabilidad). Los resultados obtenidos apoyados en parte de la hipótesis determinaron que, la pérdida de diversidad vegetal tuvo un efecto negativo constante en la descomposición de la basura y producción de materia orgánica en partículas finas (pero no en el crecimiento de detritívoros) a través de mezclas de hojarasca, que fue mediada por detritívoros. Por otro lado, los resultados apoyan la noción de que la pérdida de especies de plantas ribereñas es perjudicial para los procesos clave del ecosistema de corrientes que impulsan las redes tróficas detriticas, pero que la magnitud de tales efectos depende en gran medida del orden de pérdida de especies (22).

En cuanto estudios relacionados a la velocidad de desintegración de hojarasca se puede resaltar el de Sierra, Mancera y Pineda (12), quienes estudiaron la velocidad de descomposición o degradación de la hojarasca en distintos sustratos de manglar durante el invierno en San Andrés Isla (Caribe Colombiano). Las tasas de degradación del mangle negro *Avicennia germinans* (L.) L, el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) y el mangle blanco *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn fueron analizadas en bolsas tipo malla. Una parte de las bolsas se colocaron bajo el suelo, otras se sumergieron en el agua y las restantes fueron dispuestas sobre la superficie del suelo. Los humedales del estudio fueron de borde y de borde interno. La interacción del tiempo con factores bióticos y abióticos determinó la pérdida de biomasa foliar. Los resultados obtenidos determinaron que las mayores tasas de descomposición se produjeron en los manglares de borde; microambientes acuáticos y suelo húmedos, sobre el mangle negro (*A. germinans*) y en las franjas con macrofauna consumidora coligada. En las fases iniciales de degradación se registraron las mayores velocidades de descomposición. De manera general, el porcentaje con menor biomasa remanente fue registrado después de 15 semanas de incubación,

siendo registrado para *A. germinans* (10 %), a diferencia *R. mangle* que registró el 29 % y *L. racemosa* el 28 % (12).

A nivel local, es importante destacar el estudio efectuado por Murrieta (8) en donde se evaluó la velocidad de descomposición de hojarasca de tres especies de mangles existentes en el Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas, estableciendo una comparación entre una zona con interacción del mar y otra de la zona urbana de Esmeraldas y vertidos de aguas residuales. La metodología se basó en seleccionar *L. racemosa* para realizar la comparación del estado del área colindante a la ciudad de Esmeraldas con el área fluvial. Sumado se empleó el método de bolsa de descomposición, seleccionando seis puntos de muestreo, tres en la zona terrestre y tres en la zona fluvial, donde se colocaron las muestras para su incubación durante 10 semanas. Los resultados arrojaron que la especie de mangle estudiada (*R. mangle*) exhibió una descomposición más lenta ( $k = -0.013$  a  $0.024$  d<sup>-1</sup>), mientras que y la especie *A. germinans* ( $k = -0.033$  a  $0.55$  d<sup>-1</sup>) presentó mayor pérdida de peso en el tiempo. Los resultados determinaron que la tasa de descomposición de hojarasca de mangle no difirió significativamente entre las zonas comparadas, pero si entre las distintas especies de mangle.

Otro de los estudios referentes a la descomposición de hojarasca en ecosistemas de manglar, encontramos el de Querales (20) en el cual evalúa la especie *Rhizophora mangle* L, cuyos resultados demostraron tendencias de un proceso inicial de descomposición acelerado, perdiendo el 50% de la materia foliar en un periodo alrededor de 55 a 56 días, reduciendo la velocidad de degradación de la materia foliar, obteniendo una descomposición total de la hojarasca en un tiempo de 360 días.

### **Marco Legal**

El artículo 405 de la Constitución Ecuatoriana declara que “el Sistema Nacional de Áreas Protegidas deberá garantizar el mantenimiento de las funciones ecológicas y la conservación de la Biodiversidad”. Este sistema estará integrado por el subsistema estatal, comunitario y privado, autónomo descentralizado, y su regulación y dirección estará a cargo del Estado (23).

El ecosistema manglar se encuentra protegido por el Estado mediante sus diferentes leyes, como la Ley de Conservación del Ecosistema manglar, la cual en su artículo 3 señala que “El Estado ecuatoriano posee derecho soberano sobre los ecosistemas de manglar, especialmente su zona de transición y amortiguamiento, dado que constituye un bien nacional para uso público, formado en la zona de playa, orilla de los ríos, mar y bahía (24).

En lo concerniente al Código Orgánico del Ambiente (COA) en su artículo 40 (literal 2) declara como área protegida a los manglares, humedales, páramos, bosques tropicales, nublados y secos, ecosistemas marinos y costeros entre otros, además los ecosistemas antes mencionados deberán considerarse como ecosistemas frágiles y amenazados (25).

Asimismo, el COA en su artículo 99 establece 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 (25).

Por otra parte, en el artículo 103 señala que los manglares representan un bien del estado que se encuentra fuera del ámbito del comercio, que no es susceptible a cualquier forma de apropiación, y sobre este no puede adquirirse ni el dominio o algún otro derecho real por mandato; y únicamente podrá ser aprovechado de manera sostenible en base a la concepción entregada o renovado por el Ministerio responsable del sector pesquero (25).

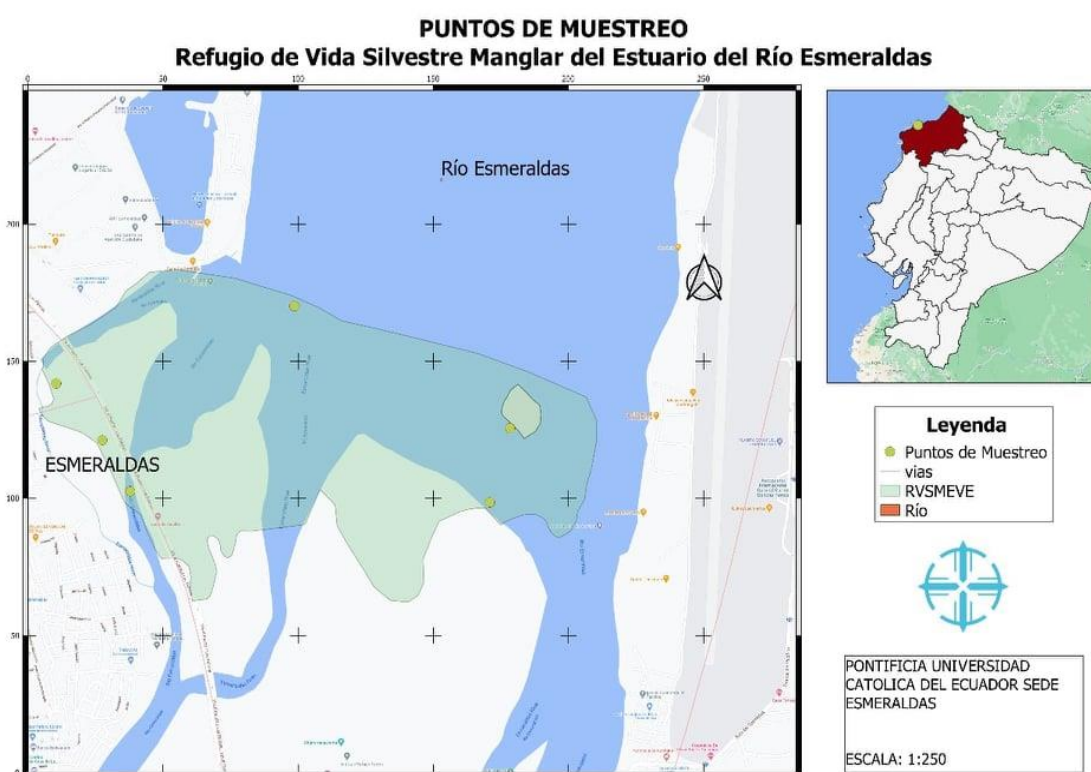
El manglar al ser considerado como un humedal se encuentra amparado por la convención de Ramsar, en el cual manifiesta la importancia del uso racional de los humedales, y en el Convenio de Diversidad biológica le considera al ecosistema manglar como uno de los ecosistemas frágiles de interés para Ecuador (24).

Con base a conservación de manglar, el Ministerio de Ambiente a través del acuerdo ministerial N° 198 crea el programa “Socio manglar”, proporcionando incentivos económicos con el compromiso de asociaciones de pescadores y recolectores de concha y cangrejo que dieran un uso sustentable al manglar (24).

## CAPITULO II: METODOLOGÍA

### Área de estudio

El área de estudio es el Refugio de Vida Silvestre Manglares del Estuario del Río de Esmeraldas, el cual se encuentra ubicado en la desembocadura del río Esmeraldas entre la ciudad de Esmeraldas y la parroquia de Tachina. Esta área abarca los manglares existentes en desembocadura del río Esmeraldas y una zona adyacente con remiendos de matorral seco (26).



**Figura 1.** Área de estudio RVSMERE

El área protegida posee una de las extensiones de manglar más importantes del Ecuador, integrada por las siguientes especies de mangle: mangle rojo (*Rhizophora mangle L.*), mangle negro (*Avicennia germinans L.*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa (L.) C. F. Gaerth*), mangle botón (*Conocarpus erectus*) y mangle piñuelo botón (*Pelliciera rhizophorae*).

Los manglares que habitan en este estuario son los últimos remanentes de los extensos bosques que existieron en el área y que se fueron transformando a causa del avance progresivo de la ciudad de Esmeraldas y al incremento de las zonas para uso agrícola y construcción de piscinas camaronera. Es un área muy poco visitada y conocida debido a la carencia de infraestructuras turísticas y a las limitaciones de acceso (26) (Figura 1).

En el área de estudio se procedió a seleccionar de forma aleatoria tres parcelas de 100 m<sup>2</sup> (10m x 10 m) en la parte interna, en donde se recogieron las hojarascas de mangle negro (MN), mangle rojo (MR) y mangle blanco (MB), las cuales posteriormente fueron sometidas a un proceso de descomposición de materia orgánica a través del uso de microcosmos.

Adicionalmente se tomaron muestras de materia orgánica en descomposición, y agua, en la cual se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos: pH, nitrato, nitrito, salinidad, amonio y ortofosfato.

### **Análisis de parámetro físicoquímicos**

Se analizaron los parámetros de pH, oxígeno, salinidad, y conductividad mediante el uso de pHmetro, Oxímetro, Conductímetro y termómetros de botón.

El análisis de nitrito, amonio, ortofosfato y nitrato se llevó a cabo en el laboratorio de Gestión Ambiental de la PUCE-SE mediante el uso de un colorímetro HACH DR 900 (Figura 2). El nitrato se determinó mediante la reducción con cadmio (27), el nitrito a través del método de la diazotización (28), el amonio, mediante el método del salicilato (29), y el ortofosfato a través del procedimiento del ácido ascórbico (30).

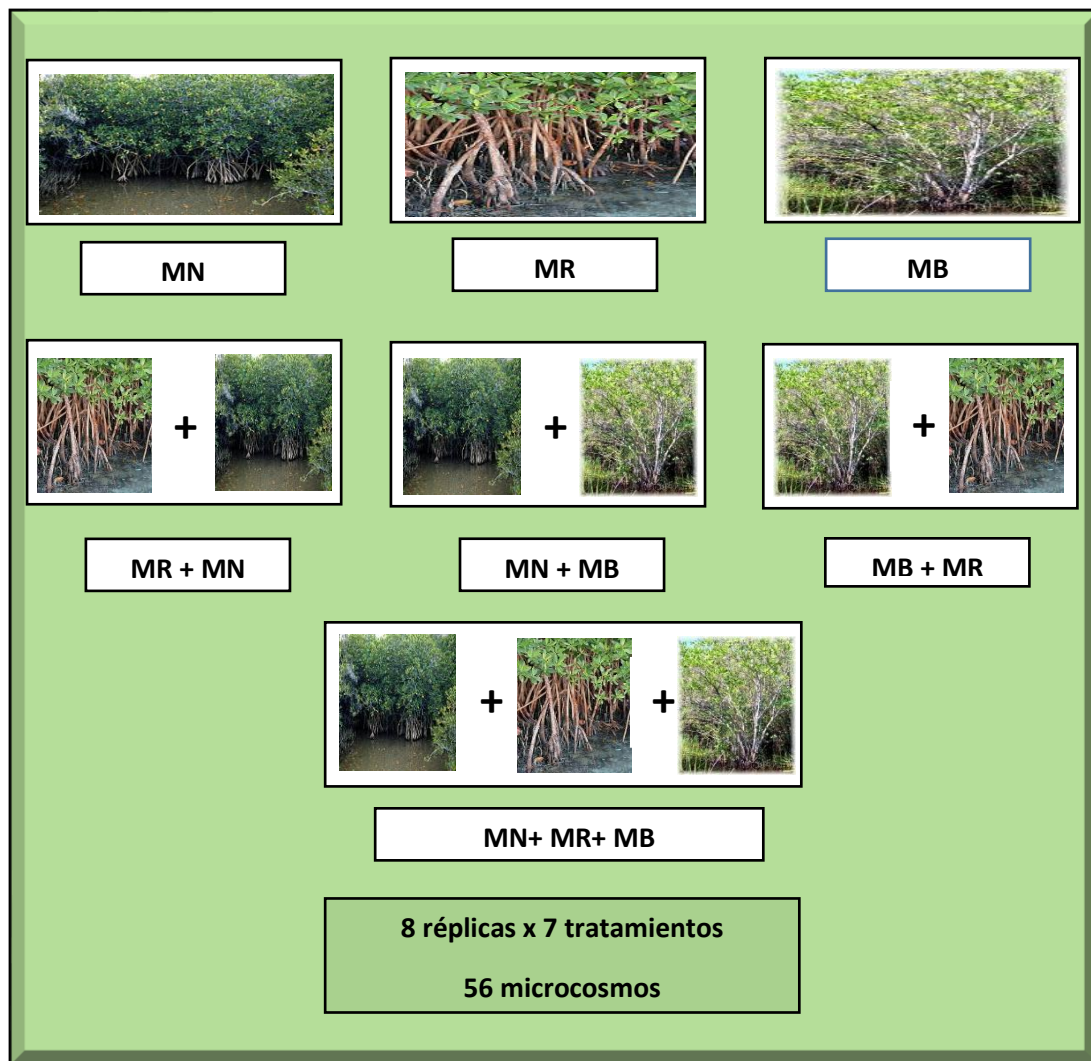


**Figura 2.** Colorímetro Hach DR900

### **Experimento de descomposición**

Una vez recolectadas las hojarasca de mangle negro (MN), mangle blanco (MB) y mangle rojo (MR) en el RVSMERE, al igual que las muestras de agua y materia orgánica en descomposición, estas fueron trasladadas al laboratorio de Gestión Ambiental de la PUCE-SE donde se realizó el respectivo experimento de descomposición de microcosmo para determinar el efecto de las distintas especies de mangle en el funcionamiento del manglar. Estando en el laboratorio se procedió a secar las hojas de mangle negro, blanco y rojo durante un periodo de ocho días, a fin de eliminar el exceso de humedad. Posteriormente, las hojas fueron cortadas en fragmentos de 2 x 2 cm aproximadamente. Seguidamente se creó un inóculo bacteriano con la materia orgánica en descomposición previamente recolectada de la superficie del manglar, la cual se incubó con agua de manglar durante un período de dos días con aireación (31).

Se prepararon 7 tratamientos con diferente diversidad: 3 tratamientos de una especie (MR, MN, MB), 3 tratamientos de 2 especies (MR+MN, MN+MB y MB+MR) y 1 tratamiento de 3 especies (MR+MB+MN) (Figura 3).



**Figura 3.** Tratamientos con diferente diversidad

Se efectuaron 8 réplicas de cada tratamiento para un total de 56 microcosmos en el experimento. Estos microcosmos contuvieron 0.75 g de hojas de mangle y 100 ml del agua de manglar. El agua de los microcosmos fue renovada cada semana. Durante la primera semana, una vez que el agua se hubiera incubado con materia orgánica en descomposición se recogió la comunidad microbiana de descomponedores. Durante el resto del experimento, se utilizó agua recogida del manglar (Figura 4).



**Figura 4.** Incubación de los tratamientos en los microcosmos

Una vez transcurridas las 24 horas de incubación, las cuales fueron calculadas a partir del momento en que se añadió el líquido a los microcosmos, se efectuó el recogimiento de parte de los microcosmos para registrar las medidas de pérdida de peso por lixiviado (31). El medio de cultivo se fue renovado semanalmente utilizando agua del manglar y se midieron los parámetros físicoquímicos descritos anteriormente (nitrato, nitrito, amonio, conductividad, fosfato y pH).

La incubación duró 4 semanas con muestreos después de 24 horas del inicio de la incubación y al final del periodo de incubación. Seguidamente, durante el proceso de incubación se hicieron simulaciones de un periodo de inundación y secado de 6 horas. Al finalizar el periodo de incubación, se extrajeron las hojas de los microcosmos y se secaron en una estufa de 65 °C marca ELOS (figura 5), para luego ser sometidas a un proceso de calcinación en una mufla ThermoScientific a 450 °C (figura 6) durante 5 horas.



**Figura 5.** Estufa marca ELOS



**Figura 6.** mufla ThermoScientific

### **Análisis de datos**

Todos los datos de pesos se transformaron a peso remanente.

La tasa de descomposición ( $k$ ,  $d^{-1}$ ) fue calculada mediante la aplicación de una relación exponencial simple:  $M_t = M_0 e^{-kt}$ .

Los datos de peso remanente se compararon mediante un análisis de la varianza (ANOVA), y para culminar las tasas de descomposición entre los distintos tratamientos fueron comparadas con un análisis de la covarianza (ANCOVA) con el tiempo como variable.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

En esta sección se describen los resultados obtenidos en base a los objetivos específicos planteados para cumplir con la finalidad principal del presente trabajo investigativo.

### **Evaluar la tasa de descomposición de la hoja de mangle negro, mangle rojo y mangle blanco en microcosmos.**

#### **Condiciones de incubación**

Con relación a los parámetros físicoquímicos del agua durante el proceso de incubación, en la Tabla 1 se distingue que el agua registró una salinidad de 11.2 ‰, un pH de 6.93, concentraciones moderadas de compuestos nitrogenados y una concentración de ortofosfato (mg P-PO<sub>4</sub> l<sup>-1</sup>) de 0.009 mg.

**Tabla 1.** Características físicas y químicas del agua de incubación

<b>Variable</b>	<b>media ± de</b>
pH	6.93 ± 0.14
Salinidad (‰)	11.2 ± 0.4
Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> )	1.1 ± 0.7
Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> l <sup>-1</sup> )	0.007 ± 0.002
Amonio (mg N-NH <sub>3</sub> l <sup>-1</sup> )	0.09 ± 0.02
Ortofosfato (mg P-PO <sub>4</sub> l <sup>-1</sup> )	0.009 ± 0.005
N:P ratio	349 ± 175

#### **Tasa de descomposición de la hoja de mangle negro, mangle rojo y mangle blanco**

Las diferencias entre tasas de descomposición entre los distintos tratamientos de las especies de mangle en R2 no fueron significativas (Tabla 2; ANCOVA:  $F_{6,42} = 1.21$ ,  $p > 0.05$ ). Los resultados demuestran que no hay interacción entre las especies al igual que con las tasas de descomposición. Si bien el tratamiento RN (Mangle Rojo + Mangle Negro) registró un poco más de ruido, es decir su tasa de descomposición es más baja, la diferencia no es significativa.

**Tabla 2.** Tasas de descomposición observadas en cada tratamiento

Tratamiento	<b>k</b> (d <sup>-1</sup> , media ± error estándar)	R <sup>2</sup>	P
R	0.0100 ± 0.0005	0.98	<i>p</i> < 0.001
N	0.0116 ± 0.0008	0.97	<i>p</i> < 0.001
B	0.0135 ± 0.0011	0.96	<i>p</i> < 0.001
RN	0.0092 ± 0.0032	0.57	<i>p</i> < 0.05
RB	0.0131 ± 0.0012	0.95	<i>p</i> < 0.001
NB	0.0138 ± 0.0013	0.95	<i>p</i> < 0.001
RNB	0.0118 ± 0.0015	0.91	<i>p</i> < 0.001

**Fracción de masa remanente**

Con base al análisis de las diferencias entre las fracciones de masas remanentes de las especies de mangle, en la Tabla 3 se refleja que no existen diferencias significativas entre los niveles con el mismo superíndice (n. s., no significativo).

**Tabla 3.** Resultados de la ANOVA de una vía (Tratamiento) para el peso remanente

	Factor	F	<i>p</i>	Comparaciones múltiples
Fracción remanente 1 día	Tratamiento	F <sub>6,21</sub> = 18.7	<i>p</i> < 0.001	N <sup>a</sup> RN <sup>a,b</sup> R <sup>b,c</sup> RB <sup>c</sup> NB <sup>c</sup> RNB <sup>c</sup> B <sup>c</sup>
Fracción remanente 28 días	Tratamiento	F <sub>6,21</sub> = 1.29	n.s.	N = NB = RB = B = RN = RNB = R

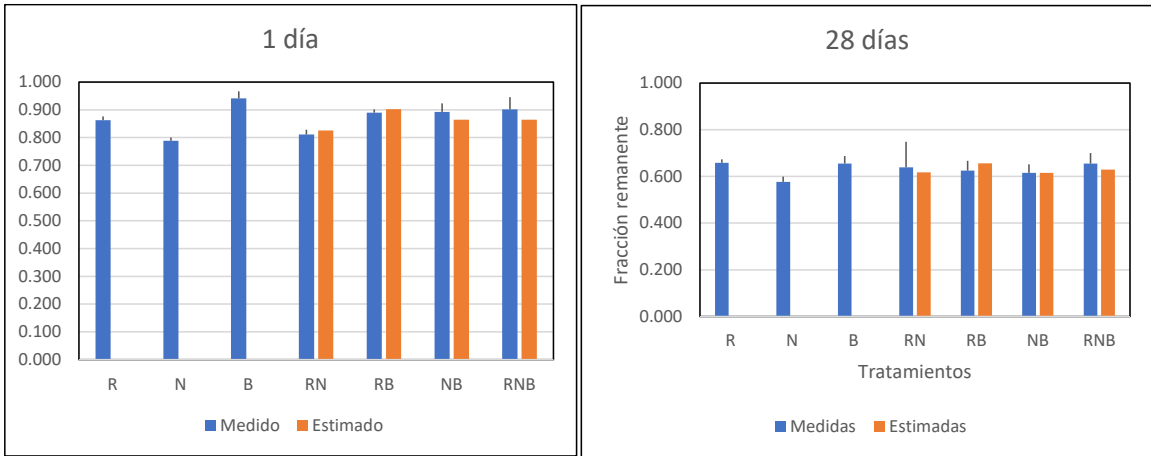
Por otro lado, en la Tabla 4, los resultados de la *t* de Student comparando la fracción de masa remanente medida y estimada de cada tratamiento determinaron que no existe diferencia significativa (n. s., no significativo)

**Tabla 4.** Comparación de fracción de masa remanente medida y estimada

	<b>Tratamiento</b>	<b>df</b>	<b>t</b>	<b>P</b>
1 día	RN	3	-1.599	n. s.
	RB	3	-2.017	n. s.
	NB	3	1.799	n. s.
	RNB	3	1.665	n. s.
	<b>Tratamiento</b>	<b>df</b>	<b>t</b>	<b>P</b>
28 días	RN	3	0.388	n. s.
	RB	3	-1.546	n. s.
	NB	3	-0.041	n. s.
	RNB	3	1.132	n. s.

**Evaluar el efecto de la diversidad de especies de mangle (una especie, dos especies o tres especies) sobre el proceso de descomposición**

En la Figura 7 se presentan dos análisis de los valores obtenidos de fracción remanente durante el primer día y los 28 días del proceso de descomposición. Las barras azules representan los valores de fracción remanente que se han medido, mientras que las barras naranjas reflejan los valores estimados o esperados de fracción remanente de cuál sería el proceso si las mezclas de las tres especies de mangles se juntas, destacándose tres posibles resultados (antagonismo: el valor de tasa de composición que mido es más bajo que el estimado – sinergia: la descomposición que he medido es más alta o rápida que la estimada – ninguna de las comparaciones es significativa). Como se puede apreciar después del primer día si hubo una pequeña diferencia de descomposición entre los tratamientos, lo que se debe al proceso físico de lixiviado, y posteriormente la relación al cabo de los 28 días se observa que las barras azules son iguales en todos los tratamientos. En cuanto a la comparación de las barras azules y naranjas (valores medidos y estimados) se evidencia que no existe una diferencia significativa, es decir no hay una interacción o relación de sinergia o antagonismo, por lo que los resultados expresados en la figura determinan que ninguna de las especies de mangle está afectando el proceso de descomposición. Por lo que la presencia o ausencia de estas especies, no causa efectos en la descomposición de materia orgánica en estos manglares.



**Figura 7.** Fracción remanente en los microcosmos para cada tratamiento (media  $\pm$  desviación estándar)

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

La incidencia o los efectos de la diversidad de especie en el funcionamiento y equilibrio de los ecosistemas ha sido motivo de una serie de debates por científicos y ecólogos alrededor del mundo (16). Los estudios e investigaciones basados en los modelos matemáticos y la observación han establecido que una gran diversidad de especie equivale a una mayor estabilidad en los ecosistemas, dado que contribuye al incremento de la eficacia en el consumo de recursos y permite que el ecosistema pueda sobrellevar y responder frente a perturbaciones raras o extremas (16).

Los resultados obtenidos del análisis de la tasa de descomposición de la hoja de mangle negro, mangle rojo y mangle blanco no presentaron diferencia significativa, pese a que después del primer día se evidenció una pequeña diferencia de descomposición entre los tratamientos, lo que se debe a un proceso físico de lixiviado, que ocurre durante el primer día cuando las hojas se mojan y todas las sustancias solubles que tienen se pierden, constituyendo un proceso físico que no tiene un componente biótico u organismo que participe en él, entonces no hay posibilidades de explicar ningún tipo de interacción (12). En este mismo contexto, de acuerdo a los resultados del estudio de Bonilla et al. (32), la velocidad de la tasa de descomposición de las hojarasca durante las etapas iniciales es rápida y con el pasar de los días se reduce paulatinamente. Por otra parte, Sierra et al. (12) señalan que una vez pasada la sexta semana de experimentación, todos los tratamientos tienden a reducir las tasas de descomposición de materia orgánica y a igualar la fracción de masa remanente.

Por otro lado, se debe considerar que las especies vegetales que tienen mayor cantidad de sustancias recalcitrantes o altas en valores de C/N como es el caso de la lignina, tienen un proceso descomposición más lento que los otros materiales vegetales que poseen una concentración inicial menor (12).

A través del presente estudio se evaluó los efectos de la diversidad de mangles en la descomposición de la hojarasca en el RVSMERE. Los resultados del diseño experimental, particularmente de la fracción de masa remanente y las tasas de descomposición medidas y estimadas, no reflejaron una diferencia significativa ni tampoco efectos de sinergia o antagonismo, por lo que se asume que no hay

una relación, es decir la diversidad de especies (mangle rojo, mangle blanco y mangle negro) no tiene ningún efecto en la descomposición de la materia orgánica. Esto no quiere decir que no exista una relación entre la biodiversidad y el funcionamiento de estos ecosistemas, dado que hay cientos de procesos ecosistémicos, de los cuales en el presente estudio se midió uno, cuyos resultados determinaron que no existe interacción y aparentemente no hay una relación entre la biodiversidad y el proceso de descomposición de materia orgánica (16).

Al no haberse registrado una interacción significativa implica que el manglar al tener las tres especies de mangle o que éstas se encuentren mezcladas en el suelo, y por algún alguna situación o un caso antropogénico (tala de árboles), una de estas especies desaparece, la pérdida de esta especie no afectará el proceso de descomposición de materia orgánica, el cual va a continuar igual con las especies restantes (16). Si en la investigación hubiésemos registrado antagonismo o sinergia, y en los mangles de la RVSMERE desaparece una especie ¿qué pasaría? En este escenario el proceso de descomposición de materia orgánica del ecosistema estaría cambiando, especialmente si el efecto de sinergia o antagonismo de la especie es muy fuerte, debido a que puede constituir una especie clave, por lo tanto, si se pierde aquella especie resulta que se altera tanto el proceso de descomposición de materia orgánica a la vez que se producen otras consecuencias o repercusiones en todo el ecosistema (18).

Como referencia de estudios en donde la diversidad no ha tenido efecto en la descomposición de materia orgánica, tenemos el estudio efectuado por Adair et al. (33) quienes observaron que el incremento de la diversidad de hojarasca, al ser mezcladas con hojas de distintas especies en bolsas con fines de descomposición, no incidió o tuvo algún efecto sobre la velocidad de descomposición de la hojarasca para las especies de *B. parviflora*, *S. alba*, *R. mucronata* y *R. apiculata*. No obstante, el estudio efectuado por Galeano et al. (34) determinó que la velocidad de la descomposición de las especies de *A. germinans* y *R. mangle* se encuentra determinado por dos procesos: 1) el lavado de los materiales solubles; y 2) la colonización de hongos y bacterias para *A. germinans* influenciada por la intervención de varios macroinvertebrados como

es el caso del cangrejo para *R. mangle*, los cuales rompen los tejidos vegetales que consecutivamente tienden a degradarse con mayor facilidad.

Asimismo, existen estudios donde se ha registrado el efecto de la diversidad en los procesos de descomposición de hojarasca de especies de mangle, como es el caso de la investigación de Austin (31), en la cual el autor resalta que dicho efecto también pudo deberse a los cambios en la composición o actividades de las comunidades microbianas en respuesta a la mezcla (tratamientos), debido que en el estudio no se analizaron los parámetros microbianos en las especies integrantes de la hojarasca, lo que podría constituir una medida muy significativa a la hora de efectuar un mejor análisis de la comprensión mecánica de la hoja y los efectos de la mezcla de especies sobre el proceso de descomposición de materia orgánica en estudios futuros (31).

Otro estudio a destacar es el de López (22) sobre los efectos de la diversidad de las plantas en la descomposición y producción de materia orgánica en partículas finas. El estudio se llevó a cabo a través de un experimento de microcosmos para examinar los efectos de la pérdida de diversidad vegetal en la descomposición de la hojarasca, la producción de materia y crecimiento de un detritívoro triturador de hojas dominante. La hipótesis del estudio hacía alusión a que la pérdida de diversidad vegetal disminuiría las tasas de todos los procesos estudiados. Los resultados obtenidos determinaron que, la pérdida de diversidad vegetal tuvo un efecto negativo constante en la descomposición y producción de materia orgánica en partículas finas (pero no en el crecimiento de detritívoros) a través de mezclas de hojarasca, que fue mediada por detritívoros.

Adicionalmente, los resultados sostienen la noción que la pérdida de especies de estos ecosistemas es perjudicial para los procesos claves que impulsan las redes tróficas detriticas, pero que la dimensión de tales efectos depende en gran medida del orden de pérdida de especies (22).

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES**

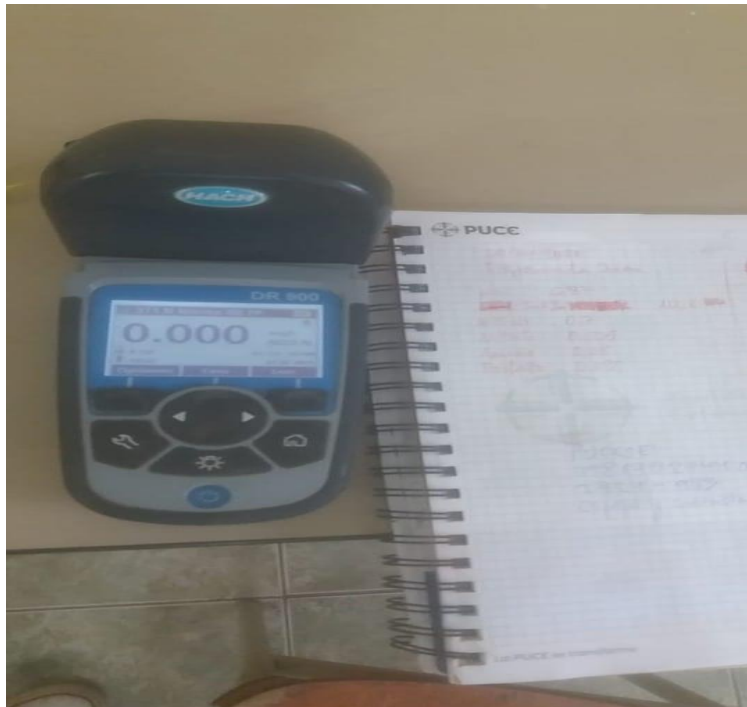
- La tasa de descomposición de la hoja de mangle negro, mangle rojo y mangle blanco no presentaron diferencias significativas, pese a que después del primer día se evidenció una pequeña diferencia de descomposición entre los tratamientos, la cual se debe a un proceso físico de lixiviado que no tiene un componente biótico u organismo que participe en él, entonces no hay posibilidades de explicar ningún tipo de interacción.
- La fracción de masa remanente y las tasas de descomposición medidas y estimadas, no reflejaron una diferencia significativa ni tampoco efectos de sinergia o antagonismo, por lo que se asume que no hay una relación, es decir la diversidad de especies (mangle rojo, mangle blanco y mangle negro) no tiene ningún efecto en la descomposición de la materia orgánica de la RVSMERE.
- A la hora de modelar un ecosistema de manglar podemos utilizar las tasas calculadas de descomposición para cada especie, las cuales constituyen un valor representativo de la descomposición general.
- Pese a que en el presente estudio no se registraron efectos de la diversidad de mangles en el proceso descomposición de la hojarasca, es importante considerar que la pérdida de especies de estos ecosistemas es perjudicial para los procesos claves que impulsan las redes tróficas detriticas, al igual que la dimensión de dichos impactos dependerá sustancialmente del orden de pérdida de especies.

## **CAPITULO VI: RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones enfocadas en el análisis de los parámetros microbianos en las especies integrantes de la hojarasca, lo que podría constituir una medida muy significativa a la hora de efectuar un mejor análisis de la comprensión mecánica de la hoja y los efectos de la mezcla de especies sobre el proceso de descomposición de materia orgánica en estudios futuros.
- Fomentar el desarrollo de este tipo de investigaciones con otros ecosistemas como bosques tropicales, o a nivel local en la Reserva Ecológica Mache-Chindul.
- Promover la realización de estudios referente a los microcosmos en los distintos ecosistemas de manglar que existen en la provincia y son motivo de preocupación medioambiental.

## **ANEXOS**

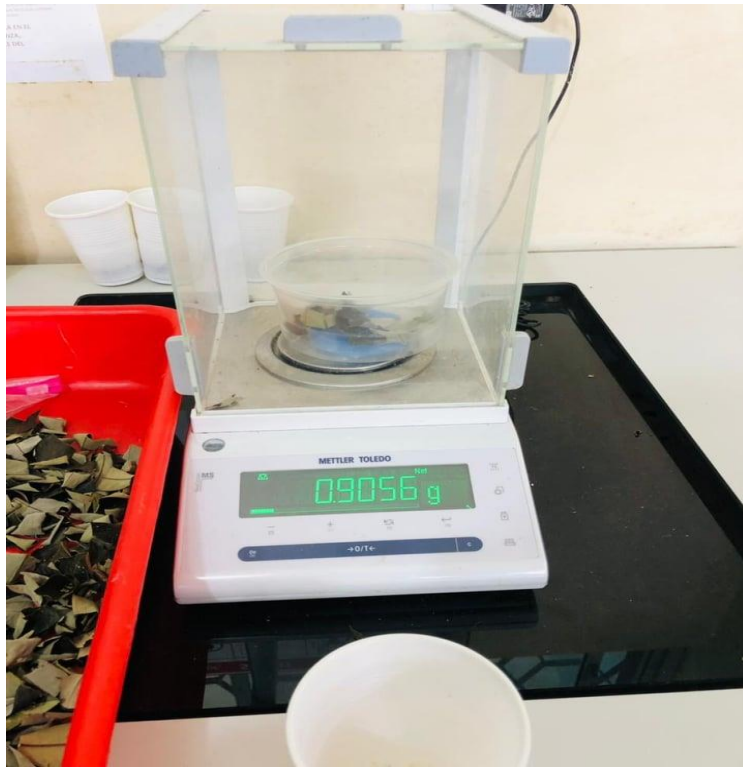
### **Anexo 1. Registro de parámetros físicoquímicos**



**Anexo 2.** Incubación de los microcosmos



**Anexo 3.** Medición de pérdida de peso por lixiviado



**Anexo 4.** Instalación de los microcosmos



**Anexo 5.** Registro de pesos para análisis de datos



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aksarnkaae, S. Ecology and Management of Mangroves. cology and Management of Mangroves. (1993). Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/panchoni%207.pdf
2. Duke, N. Mangrove Floristics and Biogeography. Tropical Mangrove Ecosystems, 63-100. (2000). Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/Panchoni%206.pdf
3. Ellison, A. Macroecology of mangroves: large-scale patterns and processes in tropical coastal forests. (2002). Department of Biological Sciences, Mount Holyoke College, 184-194. Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/pucese%207.pdf
4. Euan, A. Diversidad de especies de mangle en Soto La Marina, Tamaulipase Isla de Jaina, Hecelchakán, Campeche. (2014). Tesis de grado. Departamento Forestal. UAAAN. Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/Panchoni%209.pdf
5. Gevaña, D., & Pampolina, N. Plant Diversity and Carbon Storage of a Rhizophora Stand in Verde Pasage, San Juan, Batangas, Philippines. Journal of Enviromental Science and Managment, 1-10. (2009). Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/Panchoni%204.pdf
6. Loría, M. Descomposición de la hojarasca de Rhizophora racemosa en el manglar de Estero Caballo y Boca Nueva, Humedal Nacional Térraba-Sierpe, Costa Rica. (2014). Tesis de grado. Escuela de Biología. Universidad de Costa Rica. Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/panchoni%202.pdf
7. Martínez. Producción y descomposición de la hojarasca del manglar y abundancia de peneidos en la ciénaga de Tuxpan, Veracruz. (2018). Tesis de grado. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/panchoni%2012.pdf
8. Murrieta, M. Evolución de la velocidad de descomposición de la hojarasca de Laguncularia racemosa (L.) C. F. Gaerth, Avicennia germinans (L.) y Rhizophora mangle (L.) en el Refugio de Vida Silvestre

- Manglar del Estuario del río Esmeraldas. (2018). Tesis de grado. PUCESE. Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/Panchoni%205.pdf
9. Ortiz, A., Urrego, L., Robles, K., & Romero, M. Diversidad e interacciones biológicas en el ecosistema de manglar. *Revista de Ciencias*, 111-127. (2018). Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/panchoni%2010.pdf
  10. Rodríguez, F. Determinación de la estructura, diversidad, y abundancia de la vegetación del manglar de Palmar Provincia de Santa Elena durante octubre 2014 / marzo 2015. Tesis de Grado. (2015). Tesis de Grado. Escuela de Biología Marina. UEPSE. Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/Panchoni%201.pdf
  11. Shantelle, F., Dunn, C., & Christopher, F. La descomposición como regulador de la acumulación de carbono en los manglares: una revisión. *Ingeniería Ecológica*. 114, 173-178. (2018). Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/Panchoni%203.pdf
  12. Sierra, O., Mancera, J., & Santos, A. Velocidad de descomposición de la hojarasca en diferentes sustratos de manglar durante la época de lluvias en San Andrés Isla, Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 59-84. (2009). Recuperado el 25 de 10 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Downloads/VELOCIDAD\_DE\_DESCOMPOSICION\_DE\_LA\_HOJARASCA\_EN\_DIF.pdf
  13. Alongi, D. M. *The Energetics of Mangrove Forests*. Springer Science+Business Media. (2009).
  14. Orejuela-Rojas, A. M., Villamil, C. A., & San Juan-Muñoz, A. (2011). Cobertura y estructura de los bosques de mangle en la Baja Guajira, Caribe Colombiano. *Boletín del Instituto de Investigaciones Marinas y Costera*. (2011). 40(2), 381-399.
  15. Hernández, M. E. Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*. (2010). 28(2), 139-147.
  16. Vilà, M. Efectos de la diversidad de especies en el funcionamiento de los ecosistemas. *Orsis*, 105-117. (1998). Recuperado el 31 de 12 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/24414-Text%20de%20l'article-24338-1-10-20060309.pdf

17. Valdés Velarde, E., Valdez Hernández, J. I., Ordaz Chaparro, V. M., Gallardo Lancho, J. F., Pérez Nieto, J., & Ayala Sánchez, C. Evaluación del carbono orgánico en suelos de los manglares de Nayarit. *Revista México Ciencia*. (2011). 2(8), 47-58.
18. Linneweber, V. *Mangrove Ecosystems; Function and Management*. Springer Science & Business Media. (2002). doi:10.1007/978-3-662-04713-2
19. López, M., González, J., Díaz, S., Castro, I., & García, M. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista Científica Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 3-12. (2007). Recuperado el 30 de 12 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/94-183-1-SM.pdf
20. Querales, Y., Barboza, F., Briceño, J., & Medina, E. Descomposición de material foliar de *Rhizophora mangle* en el manglar de punta Capitán Chico, estado Zulia, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. (2012). 46(1), 19-31
21. Schindler, M., & Gessner, M. Functional Leaf Traits and Biodiversity Effects on Litter Decomposition in a Stream. *Ecology*, Vol. 90, 1641-1649. (2009). Recuperado el 12 de 25 de 2020, de file:///C:/Users/erickk/Videos/10.2307@25592665.pdf
22. López, N., Martínez, A., Pérez, J., Basaguren, A., Pozo, J., & Boyero, L. Leaf traits drive plant diversity effects on litter decomposition and FPOM production in streams. *PLOS ONE*, 1-16. (2018). Recuperado el 30 de 12 de 2020, de <https://www.facebook.com/watch/live/?v=693969134492729&ref=search>
23. Constitución. *Constitución de la República del Ecuador*. Montecristi. (2008)
24. COA. *Código Orgánico del Ambiente*. Quito. (2017).
25. Gaibor, M. Socio manglar, una esperanza para un ecosistema en peligro. *Gestión*. (2014). 245, 62-63.
26. SNAP. "Guía de Parques nacionales." 2014.
27. HACH. "Nitrate, Cadmium Reduction Method." 2014.
28. HACH. "Nitrite, Diazotization Method." 2015.

29. HACH. "Nitrogen, Ammonia, Salicylate Method." 2015.
30. HACH. "Phosphorus, Ascorbic Acid Method." 2014
31. Zhou, Shixing, Marica Makkomen, and Sandra Barantal Veronique Vos. "Descomposición de mezclas de hojarasca en biomas: el papel de la identidad de hojarasca, diversidad y fauna del suelo." *Journal of Ecology*, 2020: 1-16.
32. Bonilla, R., Roncallo, B., Jimeno, J., y García, T. Producción y descomposición de la hojarasca en bosques nativos y de *Leucaena* sp., en Codazzi, Cesar. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Vol, 9, núm. 2. 2008; Pp 5.
33. Adair, E. C., Parton, W. J., Del Grosso, S. J., Silver, W. L., Harmon, M. E., Hall, S. A., ... Hart, S. C. Simple three-pool model accurately describes patterns of long-term litter decomposition in diverse climates. *Global Change Biology*.2008; 14, 2636–2660. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01674.x>
34. Galeano, G. E., Mancera, P. J. y Medina, C. J. Efecto del sustrato sobre la descomposición de la hojarasca en tres especies de mangle en la Reserva de Biosfera Seaflower, Caribe Colombiano. *Caldasia*. 2010; 32(2) 411-424.