Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DESCOMPOSICIÓN DE 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.

PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE

INGENIERO DE GESTIÓN AMBIENTAL

AUTOR

MAX REINALDO MURRIETA QUIÑONEZ

ASESOR

PhD JON MOLINERO ORTIZ

ESMERALDAS – JULIO, 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 Ingeniero en Gestión Ambiental.

Mgt. Freddy Quiroz Ponce

Presidente Tribunal de Graduación

Mgt. Freddy Quiroz Ponce

Lector 1

Mgt. Lucía Vernaza Quiñonez

Lector 2

PhD. Jorge Velasco Vargas

Coordinador de la Escuela de Gestión Ambiental

PhD. Jon Molinero Ortiz

Director de Tesis

Esmeraldas,…….Agosto del 2018

Autoría

Yo, Max Reinaldo Murrieta Quiñonez, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual 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 – Sede Esmeraldas.

_____

Max Reinaldo Murrieta Quiñonez
C.I.: 080235134-6

Agradecimientos

Doy las gracias a toda mi familia, especialmente a mis padres Milton Murrieta Lozada e Inés Quiñonez Perlaza por todo su apoyo brindado durante todos estos años, permitiéndome llegar a esta instancia de desarrollo académico, de igual manera al profesor Jon Molinero, que me ha asesorado y brindado su ayuda en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Muchas gracias

Atentamente Max Murrieta Quiñonez

Dedicatoria

Le dedico esta investigación a Dios que me ha brindado la vida y ha guiado a mi familia por el camino de la superación, dándonos el poder para esforzarnos al máximo día a día en nuestros deberes
También les dedico este proyecto de investigación a mis padres que me dieron el apoyo para seguir en mis estudios

Tabla de contenido

Autoría ii
Agradecimientos iii
Dedicatoria iv
Resumen vii
Abstract viii
Introducción 1
Presentación del tema de investigación 1
Planteamiento del problema 2
Justificación 2
Objetivos 3
Objetivo general 3
Objetivos específicos 3
Capítulo I: Marco Teórico 4
Ecosistema Manglar 4
Composición florística 5
Usos antrópicos del manglar 7
Ciclo de la materia orgánica en manglares 7
Descomposición 8
Antecedentes 9
Marco legal 9
Capitulo II: Metodología 11
Área de estudio 11
Caracterización físico-química 12
Experimento de descomposición 12
Análisis de datos 14
Capitulo III: Resultados 16
Caracterización fisicoquímica 16
Descomposición de la hojarasca 17
Capitulo IV: Discusión 22
Capítulo V: Conclusiones 24
Capítulo VI: Recomendaciones 25

Referencia Bibliográfica 26
Anexos 29
Anexo I Criterios de calidad admisible del amoniaco total para la protección de vida acuática (mg/L NH3) 29
Anexo II Preparación de muestras de hojarasca 29
Anexo III Elaboración de bags de descomposición 30
Anexo IV Preparación de bags de descomposición 30
Anexo V Implantación de bags de descomposición en RVSMERE 31
Anexo VI Muestras de hojarascas de 1 semana 32
Anexo VII Muestras de hojarascas de 3 semanas 32
Anexo VIII Muestras de hojarascas de 6 semanas 33
Anexo IX Muestras de hojarascas de 10 semanas 33
Anexo X Muestras de macro invertebrados 34
Anexo XI Filtrado de muestras de agua 36
Anexo XII análisis de nutrientes muestras de agua 37
Anexo XIII Calcinación y pesaje de materia orgánica 38

Tabla de Ilustraciones

Figura 1 Área de estudio RVSMERE 11
Figura 2 Bolsas de descomposición de hojarasca 13
Figura 3 Hanna Multiparametro HI9829 13
Figura 4 Salinómetro Óptico 14
Figura 5 Colorimetro Hach DR900 14
Figura 6 Reducción de MO en de *Laguncularia racemosa* (mangle Blanco) 19
Figura 7 Tasa de descomposición de Mangle Blanco, Mangle Negro, Mangle Rojo ... 20

Tabla 1 Promedio de parámetros físico-químicos en RVSMERE 17
Tabla 2 Comparaciones múltiples de Tasas de descomposición 21

Resumen

En este estudio se evalúo la tasa de descomposición de hojarasca de las tres especies de mangle presentes en el Refugio de vida silvestre manglares estuario rio Esmeraldas, y la comparación entre una zona con interacción de la zona urbana de Esmeraldas y vertidos de aguas residuales y la zona con interacción del mar. Se seleccionó la *L. racemosa* para realizar la comparación del estado del área colindante a la ciudad de Esmeraldas con el área fluvial. Adicionalmente se realizó el análisis de nutrientes y de parámetros físico-químicos en cada punto de muestreo. Se utilizó 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. De las especies estudiada la especie *R. mangle* (k = -0.013 a 0.024 d^{-1}) mostro una descomposición más lenta, y siendo la *A.germinans* (k = -0.033 a 0.55 d^{-1}) la que presento mayor pérdida de peso en el tiempo. Considerando que la tasa de descomposición de hojarasca de mangle no difirió significativamente entre las zonas comparadas, pero si entre las diferentes especie de mangle.

Abstract

This research evaluated the rate of decomposition of leaf litter of three mangrove species present in the mangrove wildlife refuge of the Esmeraldas river estuary, it has been made comparison between a zone with interaction of wastewater and the zone with interaction of the sea. The *L. racemosa* was selected to make a comparison of the condition of the area adjacent to the city of Esmeraldas with the fluvial area. Additionally, the analysis of nutrients and physical-chemical parameters was performed out at each sampling point. The decomposition bag method was used, choose six sampling points, three in the terrestrial zone and three in the fluvial zone, where the samples were placed for incubation for 10 weeks. Of the species studied, the *R. mangle* species ($k = -0.013$ to $0.024\ d^{-1}$) showed a slower decomposition, and the *A.germinans* ($k = -0.033$ to $0.55\ d^{-1}$) showed the highest loss of weight in time. Seeing that decomposition rate of mangrove litter did not differ significantly between the zones compared, but between the different mangrove species.

Introducción

Presentación del tema de investigación

Los manglares son ecosistemas costeros altamente productivos de gran importancia para actividades económicas como la pesca artesanal y que soportan importantes funciones ecosistémicas como brindar guardería a las larvas y juveniles de especies marinas y ser sumideros de carbono (Alongi, 2014). Los manglares están formados por especies arbóreas y arbustivas entre las que destacan el mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaerth), el mangle negro (*Avicennia germinans* L.) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.). Estas especies están adaptadas a condiciones de áreas inundables con alta salinidad y se encuentran en los manglares de Esmeraldas. El mangle negro, una especie dominante en la zona interior del manglar, se encuentra distribuida en las costas americanas, soporta altas salinidades y alcanza un tamaño considerable (Rodríguez-Ramírez, Nivia-Ruíz & Garzón-Ferreira, 2004). El mangle rojo tiene mayor presencia en las áreas marginales donde el manglar limita con los cuerpos de agua (Álvarez-León, Avendaño-Remolina & Sanjuan-Muñoz, 2014). El mangle blanco tiene menor tolerancia a la salinidad en comparación al mangle rojo, presentando poca dominancia en el manglar, está asociado a la franja interior de los bosques de manglar (Moroyoqui-Rojo, Flores-Verdugo, Escobedo Urias, Flores de Santiago & González Farías, 2015).

Uno de los procesos fundamentales en el ciclo de nutrientes de todos los ecosistemas es la descomposición de la materia orgánica (Álvarez, 2005). La descomposición es el proceso en el cual la materia orgánica es trasformada en nutrientes minerales que son aprovechados de nuevo por los organismos. En el área de manglar, se encuentran factores como la calidad del sustrato, las condiciones fisicoquímicas y los descomponedores microbianos que forman parte clave en el proceso de descomposición (Barroso-Matos, Bernini & Rezende, 2012), brindando los elementos idóneos para el proceso de descomposición. El ecosistema manglar también presenta condiciones anaerobias, o falta de oxígeno, en el suelo por lo cual existe un bajo promedio de descomposición de material orgánico (Keuskamp, Hefting, Dingemans, Verhoeven & Feller, 2015).

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 (Hernández, 2010). El ecosistema del manglar se encuentra sujeto a perturbaciones periódicas como son los tsunamis y oleajes que afectan el proceso del almacenamiento de carbono, resultando incierto que los planes de creación de nuevos bosques muestren un impacto significativo en el balance de carbono global y en el cambio climático (Alongi, 2011, 2014).

El refugio de vida silvestre manglar del estuario del río Esmeraldas (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 las tasas de descomposición de la materia orgánica podría brindar conocimientos valiosos para la restauración o rehabilitación ecológica de este manglar y de otros manglares en la provincia de Esmeraldas.

Planteamiento del problema

¿Cómo afectan los vertidos sin tratar de la ciudad de Esmeraldas a la descomposición de la hojarasca en el manglar del RSVMERE?

Justificación

En esta investigación, se toma como objeto de estudio el manglar del RVSMERE, que recibe las aguas residales sin tratar de la ciudad de Esmeraldas. Las especies de mangle rojo, mangle negro y mangle blanco conforman la mayor parte de la composición florística del manglar y se determinará su tasa de descomposición en función de la disponibilidad de nutrientes. Esta información del funcionamiento ecológico será útil para la gestión del ecosistema del manglar situado en RVSMERE y de otros manglares de la provincia que están cerca de núcleos de población.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la velocidad de descomposición de las hojas de mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaerth), mangle negro (*Avicennia germinans* L.) y mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) en el Refugio de vida silvestre manglares Estuario del Río Esmeraldas.

Objetivos específicos

- Comparar la tasa de descomposición de las hojas de mangle blanco, mangle negro y mangle rojo en el Refugio de vida silvestre manglares del Estuario del Río Esmeraldas.
- Evaluar el efecto de los vertidos de la ciudad de Esmeraldas en la tasa de descomposición de hojas de mangle blanco en el Refugio de vida silvestre manglares Estuario del Río Esmeraldas.

Capítulo I: Marco Teórico

Ecosistema Manglar

El bosque de manglar es un ecosistema que se establece principalmente en el área intermareal, en estuarios, deltas y desembocaduras de ríos. Estos bosques están integrados por especies de plantas leñosas denominadas mangle, que presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas que le permiten soportar un entorno con condiciones de alta salinidad e inundación fluctuante, características de un ecosistema marino-costero (Orejuela-Rojas, Villamil & Sanjuan-Muñoz, 2011; Vera & Martínez, 2013). Los manglares presentan adaptaciones como raíces aéreas por la dificultad de obtener oxígeno en áreas inundables (Hogarth, 2015). El suelo del manglar puede presentar corales duros muertos y rocas, arena de cuarzo o carbonato, limo muy fino y arcilla, y no es muy estable, puede ser ácido o alcalino con un rango de pH de 5.8 a 8.5, y ser anóxico o subóxico con un potencial de oxidorreducción de -200 a +300 mV (Alongi, 2009).

A nivel mundial encontramos un estimado de 17.06×10^6 ha de manglar: 7.51×10^6 ha en África, 3.26×10^6 ha en Asia, 30000 ha en Arabia, 1.72×10^6 ha en Australia y 4.54×10^6 ha en América (Linneweber, 2002). Los manglares se encuentran presentes en todos los países costeros del continente americano, exceptuando Canadá, Chile, Argentina y Uruguay, alcanzando en 1983 una extensión de 6.7×10^6 ha en América, de las cuales aproximadamente 4.26×10^6 ha se encuentran en Latinoamérica y el Caribe. Actualmente, la cobertura de manglar de se ha reducido a 4.5×10^6 de hectáreas, de los cuales, Ecuador tiene 161770 ha (Linneweber, 2002). Estos manglares están distribuidos en la costa, en Churute, en el estuario del Río Esmeraldas, en el Río Muisne, en la Reserva Cayapas-Mataje, en El Morro y en el estuario El Salado (MAE, 2016).

Las formaciones de manglares se originan por las condiciones que restringen el desarrollo de la vegetación en las costas de neotrópico. La salinidad alta es un factor determinante en el desarrollo del mangle, ya que su supervivencia y desarrollo en suelos no salinos es baja. Por la falta de aeración en áreas inundable, la vegetación se adaptan a la zona mediante raíces aéreas (Holdridge, 1978). Además, la extensión y cantidad de biomasa en los bosques de manglar está determinado por el régimen de radiación solar, las precipitaciones, la incidencia de mareas y oleajes, el caudal de los ríos, los aportes de

sedimento y la disponibilidad de nutrientes (Robertson & Alongi, 1992; Hogarth, 2015). Los manglares se encuentran influenciados constantemente por el océano. Así, este ecosistema resulta afectado por las tormentas tropicales y por cambios en el nivel del mar, que causan erosión y estrés. El aumento del nivel de los océanos afecta a la composición de biodiversidad local, provocando un alto riesgo a inundación, erosión de suelo y modificación de la línea costa (Linneweber, 2002).

Los manglares cumplen con una serie de servicios ambientales como son la protección de las costas frente a la erosión y los tsunamis, su uso como guardería por la fauna acuática y la retención de carbono (Agudelo et al., 2015). Se considera que los manglares son muy importantes por su potencial para almacenar carbono, debido a la productividad alta de la vegetación y la descomposición lenta de la materia orgánica (Hernández, 2010).

El Estado de Ecuador reconoce en su constitución la importancia de la biodiversidad y la necesidad de conservarla. De esta manera, se creó el sistema nacional de áreas protegidas, siendo Ecuador el segundo país de Latinoamérica con mayor territorio dedicado a la protección de ecosistemas. El sistema nacional de áreas protegidas (SNAP) abarca las 4 regiones geográficas del Ecuador en 20 provincias con un total de 51 áreas protegidas hasta el año 2015 (MAE, 2016). El SNAP está integrado por 11 parques nacionales, 5 reservas biológicas, 1 reserva geobotánica, 9 reservas ecológicas, 4 reservas marinas, 6 áreas nacionales de recreación, 4 reservas de producción de fauna, 1 área ecológica de conservación municipal y 10 refugios de vida silvestre. Bajo esta última figura de protección se encuentra nuestra área de estudio, el Refugio de vida silvestre manglares estuario rio Esmeraldas.

Composición florística

Las especies principales de mangles de Esmeraldas son:

Avicennia germinans L, conocido como mangle negro, puede llegar a medir hasta 25 metros de altura. Esta especie soporta niveles de salinidad elevados y es considerada una especie dominante en la zona interior del manglar, con 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. El mangle negro está amenazado por la deforestación por sus usos maderable (Linneweber, 2002). En áreas con predominio de *A. germinans* en asociación

con *L. racemosa,* los manglares presentan un alto contenido de carbono orgánico en el suelo, con una producción de hojarasca de 701.7 g/m^2/año y una tasa de descomposición de 0.0051 d^{-1} y un periodo estimado de descomposición de 138 días (Barroso-Matos, et al., 2012; Rodrígez-Ramírez, et al., 2004; Sierra-Rozo, et al., 2009; Valdés Velarde, et al., 2011).

Rhizophora mangle (L.), llamado mangle rojo, tiene mayor presencia en las áreas marginales limitando con los cuerpos de agua. Está distribuido en América desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Perú y desde Florida hasta el sur de Brasil (Linneweber, 2002). Esta especie tiene una producción de hojarasca de 683.8 a 705.9 g/m^2/año, un crecimiento de plántulas de 0,85 cm/mes y presenta una tasa de descomposición registrada entre 0.0027 y 0.01245 d^{-1}, alcanzando una pérdida total de biomasa en un máximo de 257 días (Álvarez-León, et al., 2014; Sierra-Rozo, et al., 2009; Querales, et al., 2012).

Laguncularia racemosa (L.) o mangle blanco está distribuida en América al igual que el mangle rojo y el mangle negro. Están presentes en México, Centroamérica, el Caribe, Venezuela, Ecuador, Colombia, Guyana, Surinam y Brasil (Linneweber, 2002). Esta especie supera los 30 m de dosel y tiene una velocidad de crecimiento mayor que el mangle rojo, con un promedio de 1,85 cm/mes y un alto potencial para la remoción de nutrientes inorgánicos como compuestos nitrogenados y fosfatos. Además, tiene una producción de hojarasca de 379 g/m^2/año y una tasa de descomposición de 0.0032 d^{-1}, perdiendo el total de su materia foliar en 216 días (Moroyoqui-Rojo, Flores-Verdugo, Escobedo Urias, Flores de Santiago & González Farías, 2015; Sierra-Rozo et al., 2009; Querales et al., 2012; Valdés Velarde et al., 2011).

La flora asociada en los manglares de latinoamerica puede ser muy diversa debido a las condiciones climaticas. Asociadas al mangle, se encuentran leguminosas, orquideas, y bromelias, incluyendo algunas especies de orquideas endémicas de Ecuador. Principalmente, estas especies se encuentran asociadas al mangle como epifitas. En los manglares de Ecuador, está presente la epecie *Rhizophora. harrisonii,* especie de mangle asociada al mangle blanco y al mangle negro que presenta unas infloresencias vistosas, además de varias especies halófitas asociadas a las raices de mangle (Linneweber, 2002).

Usos antrópicos del manglar

La madera de mangle rojo y mangle negro se utiliza para la construcción de viviendas. La madera de mangle blanco se utiliza para la fabricación de galeras para el secado de tabaco (Valdés Velarde et al., 2011). Otros usos del manglar incluyen la obtención de carbón vegetal y también como fuente de plantas medicinales. Las zonas de manglar son ampliamente utilizadas también para la acuicultura, aprovechando su localización intermareal que permite el funcionamiento de piscinas camaroneras a bajos costos (Linneweber, 2002).

Ciclo de la materia orgánica en manglares

El ciclo de la materia orgánica en el manglar comprende la producción primaria de los mangles rojo, blanco y negro, leguminosas, orquídeas y bromelias, formando biomasa de hojarasca y madera que va acumulando carbono al ecosistema. La producción secundaria incluyendo la fauna bentónica detritívora que se alimenta de los detritus orgánicos, incluyendo principalmente los crustáceos, se encarga de procesar aproximadamente el 50% de la hojarasca producida por el mangle. La materia orgánica que no ha sido procesada por detritívoros se descompone en el medio por procesos de lixiviación y por agentes microbianos, perdiendo el carbono orgánico en forma de carbohidratos que representan entre el 20 y el 40% del peso de la hoja. Se inicia entonces un proceso de desintegración saprofítica en el que participan organismos zoospóricos protistas encargados de la extracción y digestión de la celulosa y los componentes polisacáridos de la hojarasca, y finalmente la fragmentación de forma que el detrito restante se incorpora al suelo. El proceso de descomposición de la hojarasca genera un enriquecimiento del suelo con nitrógeno y fósforo, y aporta aminoácidos hidrosolubles, lípidos y ácidos grasos monosaturados (Alongi, 2009), iniciando el ciclo nuevamente con la produccion primaria nutrida por los componentes que han enriquecido el suelo.

Descomposición

La descomposición es la desintegración de la materia orgánica de origen animal o vegetal y se compone de un proceso físico, la fragmentación de las partículas en otras de menor tamaño, y otro biótico, el catabolismo de los compuestos orgánicos. Durante la descomposición, las moléculas orgánicas complejas son degradadas mediante procesos hidrolíticos en compuestos orgánicos más simples que posteriormente se oxidan a compuestos inorgánicos, tales como H_2O, CO_2 y NH_4^+ entre otros, lo que constituye el proceso de mineralización. La descomposición es un proceso ecosistémico de gran importancia, siendo parte clave la presencia de descomponedores para el funcionamiento de un ecosistema (Álvarez, 2005; Hernández, 2010).

La descomposición vegetal es el resultado de varios procesos simultáneos que ocurren después del envejecimiento y la muerte del tejido vegetal. Este proceso es regulado por factores internos como las características del tejido vegetal (porcentaje de lignina, de celulosa, y fenoles en las estructuras de las hojas), factores externos físico-químicos como la temperatura, la concentración de oxígeno, el pH y el régimen de inundación, y factores biológicos como la actividad microbiana y de otros descomponedores. La descomposición en el manglar se debe a organismos detritívoros y crustáceos que procesan aproximadamente el 50% de la hojarasca. La parte remanente de la materia orgánica se descompone en 3 fases diferenciadas: el lavado o autolisis, la descomposición de los materiales lábiles, y la descomposición del material recalcitrante. La autolisis es proceso por el cual las células se descomponen por la presencia de proteínas líticas y el contenido celular se libera al medio. Posteriormente, se descomponen los materiales lábiles como azúcares, proteínas aminoácidos y ácidos grasos. Finalmente, se produce la descomposición lenta del material recalcitrante como la celulosa, la lignina, los fenoles y otros componentes estructurales presentes en la hojarasca (Valle-Aranjo; Torres, et al., 2013; Álvarez, 2005).

La tasa de descomposición es la velocidad de transformación de la materia orgánica en componentes del suelo. Esta se mide como la cantidad de materia orgánica o hojarasca que se degrada por unidad de tiempo y se expresa como una tasa exponencial de pérdida de peso (Alongi, 2009).

Antecedentes

En la revisión bibliográfica, no se han encontrado estudios de la tasa de descomposición de hojarasca en manglares de Ecuador, pero existen estudios de este tipo en humedales y manglares de Brasil, Venezuela, México, Colombia e India, entre otros países con interacción marino costera del Caribe, Sudeste Asiático y África. Sierra (2009), en la isla de San Andrés del Caribe colombiano, y Barroso (2012), en el estuario del Río do Sul en Brasil, muestran la tasa de descomposición de las 3 especies de manglar que también se encuentran en el RVSMERE y concluyen que las diferencias en las tasas de descomposición se deben a características foliares como el contenido de agua, o la concentración de taninos y nitrógeno de las especies de mangle.

En relación a la descomposición de hojarasca en ecosistemas de manglar, encontramos el estudio de Querales (2012) en el cual estudia la especie *Rhizophora mangle* L, con la cual muestra tendencias de un proceso inicial de descomposición acelerado, perdiendo el 50% de la materia foliar en un periodo alrededor de 55 a 56 días, disminuyendo la velocidad de degradación de la materia foliar, alcanzado una descomposición total de la hojarasca en un periodo de 360 días.

Marco legal

Referente a la legislación en este estudio existe la consideración especial al ecosistema manglar por la biodiversidad que esta albergar, encontrando en esta de flora y fauna silvestre que se encuentra amenazadas. En los artículos 261, 397, 405, 407 de la Constitución, en el cual el estado da garantía a la protección, la salud, la restauración de los ecosistemas de las áreas protegidas, entre las que se encuentra RVSMERE, además de presentar el artículo 406 donde el estado regula la conservación uso sustentable y recuperación de ecosistemas frágiles como es el manglar y los ecosistemas marino-costeros con el cual esta investigación toma mayor importancia para el establecer planes para la restauración de los manglares (Constitución, 2008).

En relación al Código Orgánico del Ambiente a los artículos 5, 40, y 89, se considera de especial atención al manglar como un ecosistema frágil que debe contar con un manejo

sostenible, siendo declarada como área protegida. En el Capítulo I de Patrimonio Forestal Nacional considera a las formas de vegetación no arbórea asociadas o no al bosque, como manglares, páramos, moretales y otros como patrimonio bajo planificación, regulación, control y gestión del Patrimonio Forestal Nacional, (COA, 2017).

Dentro del Código Orgánico del Ambiente en el Capítulo IV de Formaciones vegetales naturales, paramos, moretales, manglares y bosques, en el art. 99 se prohíbe su afectación, tala y cambio de uso de suelo para su conservación, y en el artículo 104 de las actividades permitidas esta las actividades científicas no destructivas del manglar y otras actividades productivas que ofrezcan programas de reforestación (COA, 2017).

En consideración a las aguas residuales en el Código Orgánico del Ambiente se encentra el artículo 196 donde se hace referencia al sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales deberá ser responsabilidad del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal el contar con infraestructura para que no perjudique a la salubridad pública ni a fuentes receptora o la vida silvestre (COA, 2017).

También considerando al manglar como un humedal este es 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.

En relación a la conservación de manglar se tiene la relación como una fuente de recursos, existiendo acuerdo ministerial N° 198 en el cual el Ministerio del Ambiente 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 (Gaibor, 2014).

Capitulo II: Metodología

Área de estudio

El Refugio de vida silvestre manglares estuario rio Esmeraldas (RVSMERE) es un área protegida de una extensión de 242 ha de bosque manglar dominado por el mangle negro y el mangle blanco (Figura 1), con presencia baja de mangle rojo, siendo un remanente de la expansión de la ciudad de Esmeraldas y del incremento de áreas para la construcción de camaroneras en Esmeraldas. El RVSMERE se encuentra en la desembocadura del río Esmeraldas al océano Pacífico, entre la ciudad de Esmeraldas y la parroquia de Tachina (SNAP, 2014), y recibe los vertidos que provienen de los colectores de la ciudad de Esmeraldas, que cuenta con una población en de 189.504 personas y una producción de residuos per cápita de 0.709 kg diarios (Charpenter & Tuso, 2014; INEC, 2010).

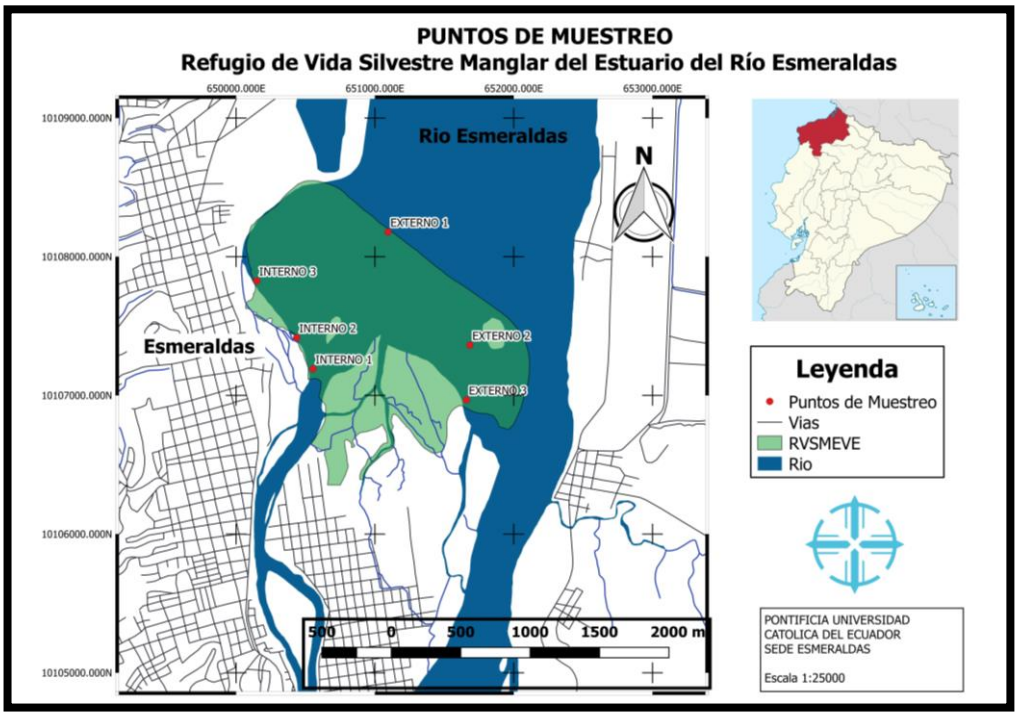


Figura 1 Área de estudio RVSMERE

En el manglar, se seleccionaron 6 parcelas de 100 m^2 (10m x 10 m): 3 parcelas situadas en la parte exterior del manglar, donde recibe la influencia del río Esmeraldas, y 3 parcelas situadas en la parte interior, cerca de la ciudad de Esmeraldas donde reciben la influencia de los colectores de la ciudad. Los puntos tomados para la parte interna corresponden a los barrios de Nuevas Brisas del Mar, 5 de Junio, y Bella Vista Norte

Caracterización físico-química

En cada estación, se colocaron termómetros digitales para el registro en continuo de la temperatura. Se midieron quincenalmente el oxígeno, el pH y la salinidad con la sonda Hanna Multiparámetro HI9829 (Figura 3) y un salinómetro óptico (Figura 4) del laboratorio de Gestión Ambiental de la PUCE-SE. Además, se recogieron muestras de agua para la determinación del nitrato, nitrito, amonio y ortofosfato disueltos.

Los análisis de nitrato, nitrito, amonio y ortofosfato se realizaron en el laboratorio de Gestión Ambiental de la PUCE-SE con un colorímetro HACH DR 900. El nitrito se determinó mediante el método de la diazotización (HACH, Nitrite, diazotization method, 2015), el nitrato, mediante la reducción con cadmio (HACH, Nitrate, cadmium reduction method, 2014), el ortofosfato, mediante el método del ácido ascórbico (HACH, Phosphorus, ascorbic acid method, 2014) y el amonio mediante el método del salicilato (HACH, Nitrogen, ammonia salicylate method, 2015).

Experimento de descomposición

Se realizó un experimento de descomposición de hojarasca mediante la técnica de las bolsas de descomposición. Se recogieron hojas de mangle blanco, rojo y negro y se secaron al aire en el laboratorio durante un periodo de 8 días. Se prepararon las bolsas con malla plástica de 1 cm de poro con dimensiones de 15cm x20cm (Figura 2). Las bolsas de descomposición se llenaron con las especies seleccionadas para el estudio, cada bolsa de descomposición se llenó con 5 g de una especie de hojarasca de mangle, adjunto con una etiqueta que identifica el número de muestra y la especie. Las hojas se incubaron en el suelo del manglar durante 1, 3, 6 y 10 semanas en las 6 parcelas y se recogieron 4 replicas en cada muestreo. Por una parte, se estudió la descomposición de las hojas de mangle blanco en las 6 parcelas del manglar de Esmeraldas. Esto nos permitió evaluar el efecto de los vertidos de la ciudad sobre las tasas de descomposición de materia orgánica utilizando la especie más común en el manglar. Por otro lado, se estudiaron las diferencias en la descomposición de las hojas de las tres especies de mangle más comunes en Ecuador

(mangle blanco, rojo y negro) en una parcela exterior y en una parcela interior del manglar.

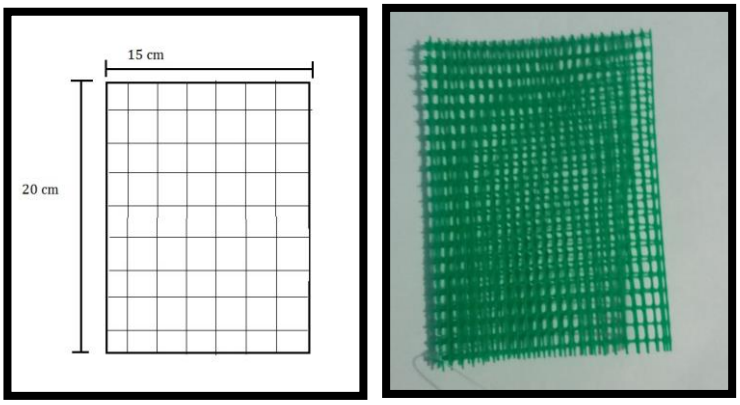


Figura 2 Bolsas de descomposición de hojarasca

Las muestras incubadas después de ser recolectadas se lavaron con agua para quitarles el lodo y se las dejo secar al aire. Estas muestras se secaron en estufa Helos Heat a 65 ºC durante 48 h y después se calcinaron en una mufla TermoScientific a 450 ºC durante 5 h para determinar la cantidad de materia orgánica presente en la muestra.



Figura 3. Hanna Multiparametro HI9829



Figura 4. Salinómetro Óptico



Figura 5. Colorímetro Hach DR900

Análisis de datos

Para comparar los parámetros fisicoquímicos se realizó una ANOVA de dos vías (marea x localidad). Los datos se transformaron con la función logaritmo excepto la temperatura, la salinidad y el porcentaje de saturación de oxígeno. La tasa de descomposición (k, d^{-1}) se calculó mediante una relación exponencial simple:

$M_t = M_o\, e^{-kt}$

Donde M_t es la masa remanente en el tiempo t en gr, M_o es la masa inicial en gr, k es la constante de descomposición de hojarasca en d^{-1} y t es el tiempo en d.

Para eliminar la diferencia entre las estaciones de las tasa de descomposicion por efecto de las temperatras se utilizaron los datos de temperatra se calculo la tasa de descomposicion con los grados dias y el indice de materia organica remanente. Para comparar las tasas de descomposición, se realizó un análisis de covarianza. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa R (R Core Team, 2015).

Capitulo III: Resultados

Caracterización fisicoquímica

Las temperaturas obtenidas no mostraron diferencia significativa entre la zona fluvial con la zona terrestre, no obstante presento diferencia significativa en relación a las mareas (ANOVA de dos vías, $F_{1,38}$ =24.59, $p < 0.001$) con temperaturas de 26.2 a 27.1 °C en marea alta y durante la marea baja temperaturas entre los 27.2 y 29.8°C . No se observaron diferencias significativas de salinidad entre la zona fluvial y la zona terrestre (Tabla 1; ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 0.48$, $p > 0.05$). Sin embargo, se observaron salinidades significativamente más altas durante la marea alta (ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 13.60$, $p < 0.001$). En ambas zonas, la salinidad fue del 0 ‰ durante la marea baja, pero durante la marea alta osciló entre 1.5 y 5.5 ‰ en la zona fluvial y entre 3.0 y 13.0 ‰ en la zona urbana. El pH en el área de estudio presentó diferencias significativas entre la zona fluvial y la zona terrestre (Tabla 1; ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 6.278$, $p = 0.01$), sin mostrar diferencia significativa entre las mareas alta y baja. La concentración de oxigeno (O_2) presenta diferencias significativas entre la zona terrestres y la zona fluvial, con una concentración de oxígeno en la zona fluvial mayor que en la zona terrestre (Tabla 1; ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 48.428$, $p < 0.001$), además con diferencias significativa durante las mareas de la zona terrestre oscilando de 1.3 y 5.6 mg/l en las mareas alta y 1.5 y 2.1 en marea baja (ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 8.981$, $p = 0.01$). De tal manera tenemos mayor saturación de oxígeno en la zona fluvial que en la zona terrestre (Tabla 1; ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 21.14$, $p < 0.001$), observándose la saturación de oxigeno más baja durante la marea baja en la zona terrestre.

El nitrito (NO_2) no muestra diferencia significativa entre las concentraciones de la zona fluvial y la zona terrestre (Tabla 1; ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 6.53$, $p = 0.01$), no obstante se encontró un promedio de nitrito mayor en U1. La concentración de nitrato (NO_3) mostró diferencias significativas entre la zonas fluvial y terrestre (ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 17.23$, $p < 0.001$), además de presentar diferencia significativas entre mareas con concentraciones de 0.23 a 0.53mg/l en marea baja, y de 0.3 a 1.1mg/l en marea alta (ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 5.30$, $p = 0.02$). Las concentraciones de amonio (NH_3) presentaron diferencias significativas entre la zona fluvial y la zona urbana (Tabla 1; ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 500.35$, $p < 0.001$) y también entre la marea alta y baja, con

concentraciones en la zona fluvial de 0.09 a 0.1 durante marea alta y 0.17 a 0.2 mg/l en marea baja y en la zona terrestre valores de 8.75 a 14.17 mg/l en marea alta y de 32.4 a 124.7mg/l en marea baja (ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 104.35$, $p < 0.001$), presentando en U1 durante la marea baja una concentración de 124.75 mg/L de amonio. La concentración de fosfato (PO_4) presentó una diferencia significativa entre la zona fluvial y la zona terrestre (Tabla 1; ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 149.11$, $p < 0.001$), y concentraciones significativamente mayores durante las mareas bajas en la zona terrestre oscilando entre 9.96 y 38.45 mg/l y de 10.1 a 21.1mg/l en la zona terrestre durante marea alta (ANOVA de dos vías, $F_{1,38} = 9.76$, $p < 0.001$), además de presentar en el punto 1 terrestre sus máximas concentraciones de fosfato.

Tabla 1. Promedio de parámetros físico-químicos en RVSMERE ; Nuevas Brisas de Mar(U1), 5 de Junio (U2), Bella Vista Norte(U3), punto externo 1(R1), punto externo2 (R2), punto externo 3(R3).

	Fluvial R1	Fluvial R2	Fluvial R3	Terrestre U1	Terrestre U2	Terrestre U3
Temperatura (°C)	27.7 ± 1.1	28.0 ± 0.9	28.1 ± 1.0	28.8 ± 1.7	29.8 ± 1.2	27.2 ± 1.5
Salinidad (‰)	0.9 ± 2.3	2.9 ± 5.6	2.9 ± 4.1	1.3 ± 3.4	0.8 ± 2.1	3.7 ± 7.8
pH	8.0 ± 0.4	7.9 ± 0.5	7.9 ± 0.5	7.6 ± 0.3	7.4 ± 0.3	7.7 ± 0.4
O_2 (mg/l)	7.6 ± 0.6	7.3 ± 0.8	7.2 ± 0.7	3.2 ± 2.4	1.8 ± 1.1	3.2 ± 2.1
O_2 (%)	93 ± 8	90 ± 11	89 ± 10	39 ± 29	26 ± 15	38 ± 27
NO_2(µg/l)	7 ± 3	6 ± 3	5 ± 1	76 ± 165	8 ± 5	8 ± 6
NO_3 (mg/l)	0.30 ± 0.08	0.43 ± 0.29	0.49 ± 0.33	0.70 ± 0.82	0.33 ± 0.32	0.54 ± 0.51
NH_3 (mg/l)	0.12 ± 0.09	0.16 ± 0.08	0.15 ± 0.08	77.36 ± 76.89	25.64 ± 14.72	30.50 ± 20.80
PO_4 (mg/l)	0.68 ± 0.47	0.55 ± 0.57	0.67 ± 0.47	31.03 ± 22.35	10.0± 3.85	13.66 ± 6.85

Descomposición de la hojarasca

Las hojas de mangle mostraron una pérdida de peso exponencial y se calcularon las tasas de descomposición según este modelo (Figuras 6 y 7). Las especies que mostraron un mejor ajuste exponencial fueron el mangle blanco y el mangle negro y en ambos caso se observó un mejor ajuste en la zona fluvial. Por el contrario, se obtuvo un peor ajuste de modelo en las estaciones de la zona terrestre, especialmente en el caso del mangle rojo en la estación 1.

La descomposición del mangle blanco fue similar en todas las estaciones (Tabla 2), sin observar diferencia significativa en la tasa de descomposición en días (Tabla 2,

ANCOVA, $F_{5,76} = 1.83$, $p > 0.05$). De manera similar se presentaron los datos mediante el cálculo de la tasa de descomposición con grados días y tampoco se observaron diferencias significativas entre localidades (ANCOVA, $F_{5,76} = 1.83$, $p > 0.05$) a pesar de que se observó una tasa de descomposición menor en ambos análisis del punto 1 de la zona fluvial (Tabla 2). El mangle rojo no mostró diferencias significativas entre las zonas fluvial y terrestre (Tabla 2; ANCOVA, $F_{1,26} = 2.02$, $p = 0.1$) y tampoco se observaron diferencias espaciales en las tasas calculadas como grados día (Tabla 2; ANCOVA, $F_{2,26} = 2.00$, $p = 0.1$). De la especie mangle negro no presento diferencia significativa entre las zonas de muestreo (Tabla 2; ANCOVA, $F_{1,23} = 1.38$, $p > 0.1$), también presento este patrón mediante el cálculo en grados días al no observarse una diferencia significativa de las tasas de descomposición de mangle negro (Tabla 2; ANCOVA, $F_{1,23} = 1.20$, $p > 0.1$).

Las tasas de descomposición en R2 mostraron diferencias significativas entre las especies mangle, observándose diferencias entre el mangle rojo y el mangle negro (Tabla 2; ANCOVA, $F_{2,35} = 3.36$, $p < 0.05$), y también se observaron estas diferencias en las tasas calculadas como grados día (Tabla 2; ANCOVA, $F_{2,35} = 3.20$, $p = 0.05$). En U1, también se observaron diferencias significativas entre las especies (Tabla 2, tasa en días: ANCOVA, $F_{2,38} = 3.29$, $p < 0.05$, tasa en grados-día: ANCOVA, $F_{2,38} = 3.30$, $p < 0.05$): En este caso, las diferencias aparecieron entre el mangle rojo y el mangle negro. En la zona fluvial (R2), la especie que mostró la tasa de descomposición más rápida fue el mangle negro, mientras que en la zona terrestre (U1) fue el mangle blanco.

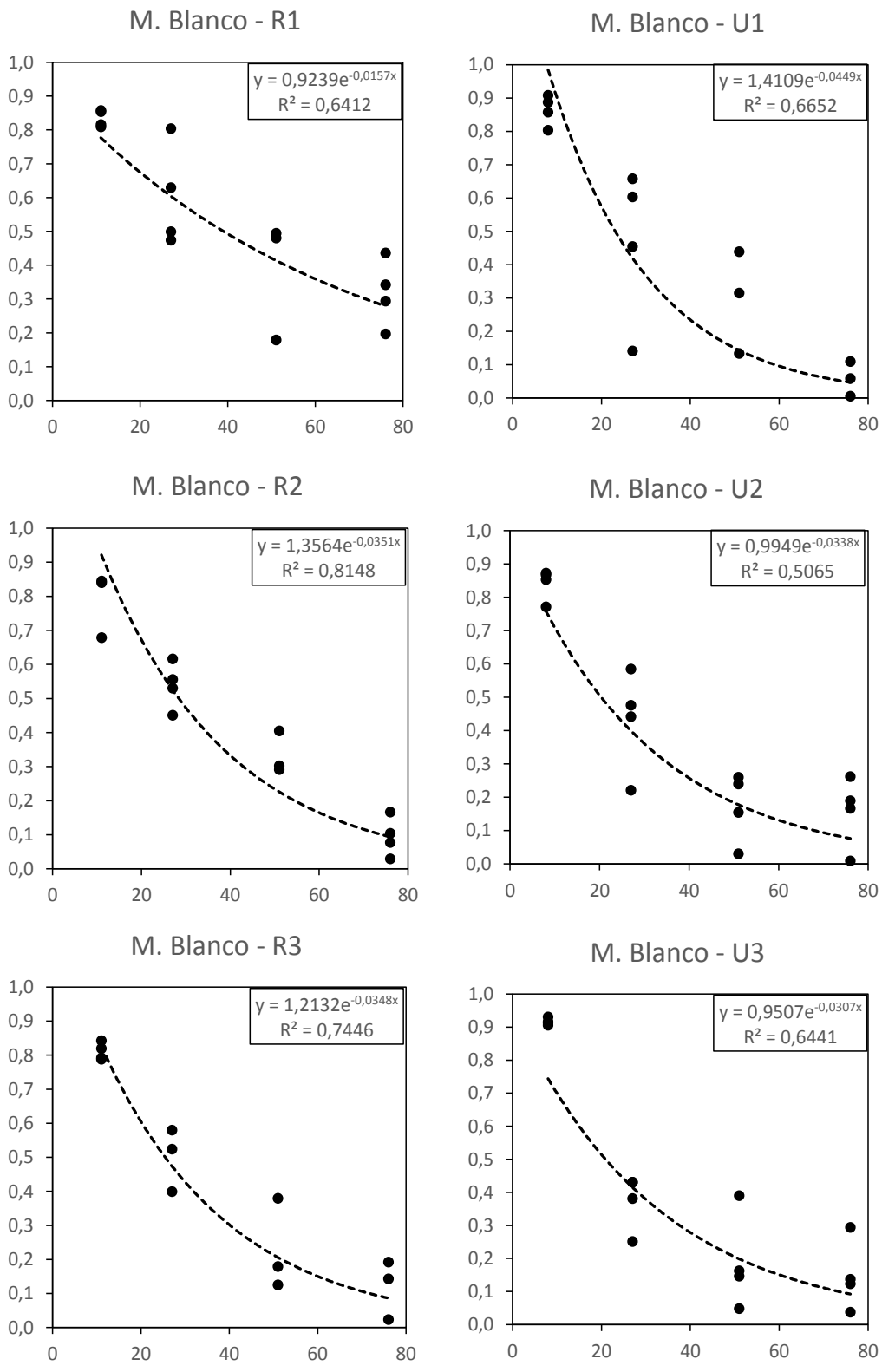


Figura 6 Reducción de MO en de *Laguncularia racemosa* (mangle Blanco) en los puntos de muestreo de área Interna; Nuevas Brisas del Mar (U1), 5 de Junio (U2) y Bellavista Norte (U3) y del área Externa Puntos 1(R1), 2(R2), y 3 (R3).

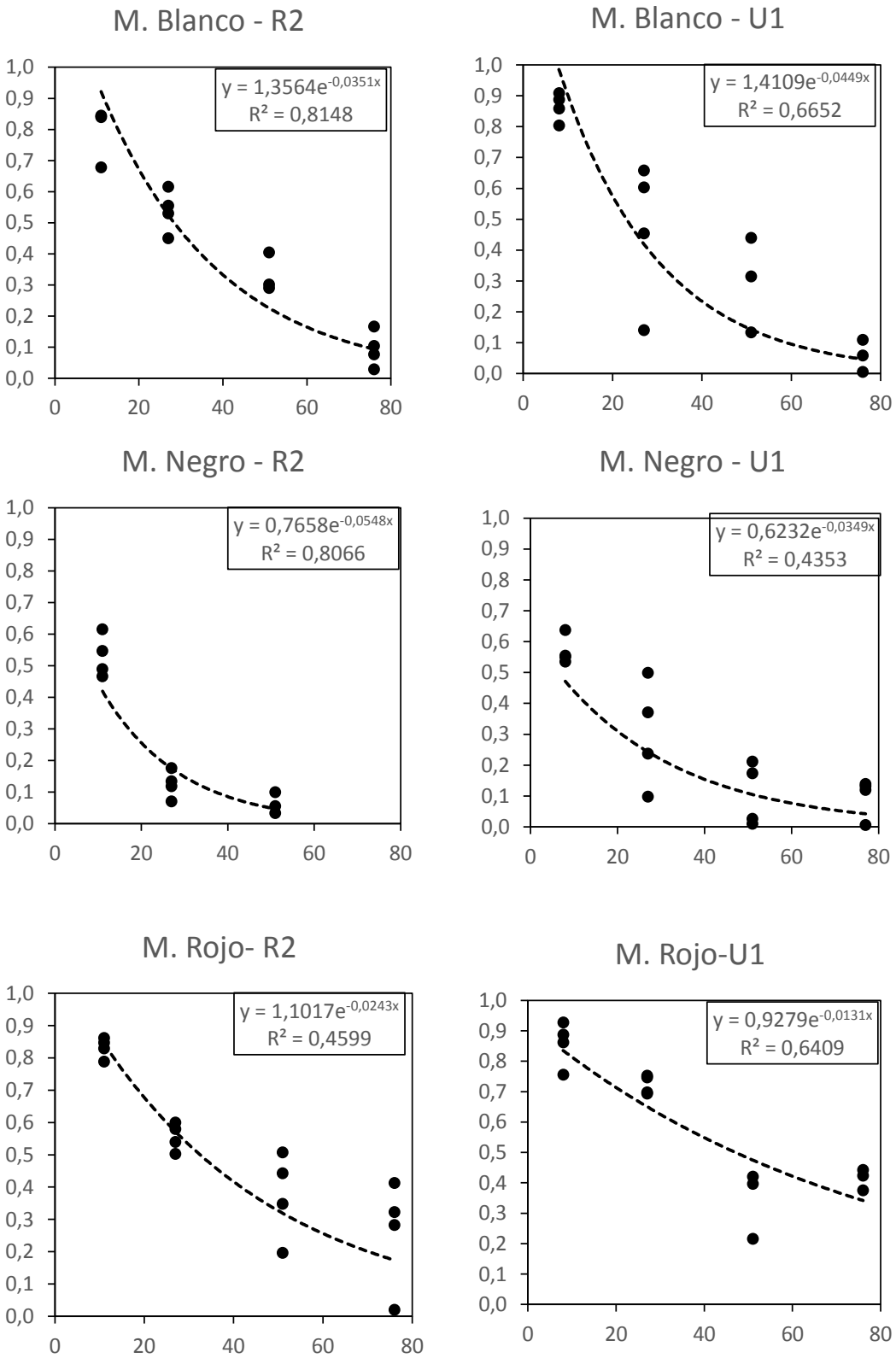


Figura 7 Tasa de descomposición de Mangle Blanco, Mangle Negro, Mangle Rojo; R2= Punto2 Externo, U1= Punto 1 Interno

Tabla 2. Análisis de la covarianza y comparaciones múltiples de tasas de descomposición

		M. blanco k (gr d^{-1})	M. Negro k (d^{-1})	M. Rojo k (d^{-1})	Comparaciones múltiples
Río	R1	0.016 ± 0.006			
	R2	0.035 ± 0.007	0.055 ± 0.017	0.024 ± 0.005	Roj^{a} Bla^{a,b} Neg^{b}
	R3	0.035 ± 0.007			
Urbano	U1	0.042 ± 0.007	0.033 ± 0.008	0.013 ± 0.006	Roj^{a} Neg^{a,b} Bla^{b}
	U2	0.033 ± 0.006			
	U3	0.030 ± 0.006			
Comparaciones múltiples		n. s	n. s	n. s.	
		M. Blanco k (gr gd^{-1})	M. Negro k (grado-d^{-1})	M. Rojo k (grado- d^{-1})	Comparaciones múltiples
Río	R1	0.0007 ± 0.0003			
	R2	0.0014 ± 0.0003	0.0022 ± 0.0006	0.0010 ± 0.0002	Roj^{a} Bla^{a,b} Neg^{b}
	R3	0.0014 ± 0.0003			
Urbano	U1	0.0017 ± 0.0003	0.0014 ± 0.0003	0.0005 ± 0.0002	Roj^{a} Neg^{a,b} Bla^{b}
	U2	0.0013 ± 0.0002			
	U3	0.0010 ± 0.0002			
Comparaciones múltiples		n.s.	n.s.	n.s.	

Fauna asociada a la descomposición

Dentro de las muestras recogidas se encontró la presencia de macro-invertebrados que intervienen en el proceso de descomposición de la hojarasca, de estos podemos diferenciar anfípodos, gasterópodos, anélidos poliquetos del orden Enicida, larvas de orden lepidóptera e insectos del orden orthoptera y coleoptera(Tabla 3).

Tabla 3. Fauna asociada a las hojas de mangle en descomposición

Orden	Familia	Género/Especie
Amphipoda	Hyperiidea	
Cerithioidea	Thiaridae	*Melanoides*
Coleoptera	Curculionidae	
Orthoptera	Gryllidae	
Eunicida		
Littorinimorpha	Bithyniidae	*Bithynia*
Lepidoptera	Pyralidae	
Decapoda	Sesarmidae	*Aratus pisonii*

Capitulo IV: Discusión

La variación en la temperatura en el manglar parece estar afectada por el cambio entre marea alta y marea baja, esta mismo variación aparece con la salinidad y al oxígeno disuelto, esto se lo puede asociar a la marea (Reese, s.f.), recibiendo una mezcla de agua dulce de la desembocadura del rio Esmeraldas y el agua salada del mar, predominando durante la marea baja el agua de rio con salinidad de 0‰ y amento de salinidad en marea alta. En relación a la calidad de agua y la presencia de nutrientes en el manglar se aplica el criterio de calidad admisible para la preservación de vida acuática y silvestre para aguas de estuario presentes en el Libro VI Anexo 1 del TULSMA (2003) , con lo cual se puede concluir que el agua del manglar en la zona interna no cumple con los criterios, los análisis de nutrientes han superado los niveles de fosfatos y amonio permisibles, además de presentar saturación de oxígeno disuelto menor al 60% estipulado en el acuerdo, relacionado esto a la alta cantidad de aguas servidas de alcantarillado que se descargan de la ciudad de Esmeraldas sin tener el debido tratamiento. No obstante el área externa del manglar si cumple con los criterios de calidad de agua para la preservación de la vida acuática.

La descomposición se puede explicar mediante un modelo lineal o un modelo exponencial de pérdida de peso, pero el modelo exponencial es el que mejor representa el proceso biológico según Wieder y Lang (1982) y Barrosos Matos (2012). En nuestro estudio, las tasas de descomposición exponenciales habrían estado mejor definidas si se hubiera realizado un muestreo adicional uno o dos días después del inicio del experimento, que debido a las limitaciones de insumos no se pudo realizar más muestreos que los establecidos en la metodología.

La descomposición del mangle banco en comparación a los diferentes puntos de muestreo no mostro diferencia significativa, el mangle blanco mostro similitud a los resultados presentados por Galeano (2010), no existe diferencia significativa entre los puntos de muestreo. Además, el punto fluvial R1 presento similitud a lo descrito en la zona de McBean (Galeano, 2010), caracterizada por un fuerte oleaje y presencia de macroinvertebrados como anfípodos con resultados similares al descomponer más rápidamente la hojarasca de mangle blanco. En nuestro estudio, las hojas de mangle rojo presentaron tasas de descomposición bajas. Otros autores (Galeano et al., 2010; Querales,

2012) también han observado que las hojas de mangle rojo se descomponen lentamente, lo cual se debe a su cutícula gruesa y su baja concentración de nitrógeno (Hogarth, 2015).

Describiendo algunos factores que intervienen, y se encontraron presentes en ambas investigaciones están la presencia de cangrejos y anfípodos que contribuyen en el rompimiento del tejido vegetal y que consumen más rápido la materia foliar (Querales, Barboza, Briceño, & Medina, 2012). También argumenta la condición presentada en el área fluvial, en la cual la hojarasca es afectado por las corrientes de la marea facilitando al lavado de compuestos solubles de la hojarasca (Galeano Galeano, et al., 2010).

Capítulo V: Conclusiones

- La velocidad de descomposición del mangle blanco oscilo entre k = -0.016 a -0.042 d^{-1}, el mangle negro de k = -0.033 a 0.55 d^{-1}, y mangle rojo con k = -0.013 a 0.024 d^{-1}. La tasa de descomposición de las especies de mangle difiere entre ellas dependiendo de las características de cada especie, y las características del medio en el que se descomponen, siendo el mangle rojo el cual presenta una descomposición más lenta, el mangle blanco que presenta mayor tasa de descomposición en la parte urbana, y el mangle negro que tiene mayor tasa de descomposición en el área de rio.
- La velocidad de descomposición del mangle blanco en la zona fluvial oscilo de k = -0.016 a -0.035 d^{-1}, y en la zona terrestre se encuentra una tasa de descomposición de k = -0.030 a 0.042 d^{-1}. La variacion de la tasa de descomposcion entre las zonas fluvial y terrestre no es significativa, por lo tanto no se puede asociar el efecto de aguas residuales a la velocidad de descomposicion de la materia organica de la hojarasca de mangle.
- En base al estudio, brinda información del funcionamiento ecológico del ciclo de nutrientes, relacionando los datos obtenidos en los análisis de agua con las tasa de descomposición de hojarasca y los porcentajes de materia orgánica que es reintegrada da ciclo, siendo necesaria como información pertinente, como datos complementarios a esto, se necesita el volumen de hojarasca producido en el manglar por metro cuadrado y el desarrollo de la vegetación para estimar la producción de materia orgánica y la cantidad de materia orgánica y nutriente que regresan al suelo.

Capítulo VI: Recomendaciones

- En investigaciones de descomposición realizar muestreos en intervalos de tiempos más cortos durante la primera semana de descomposición, y un primer muestreo de descomposición a las 24 horas de la realización del implante.
- Incentivar en las investigación realizadas por la PUCE-SE o autoridades como el MAE, el estudio a profundidad de agentes descomponedores de los ecosistemas como es el manglar, debido a la variedad de especies de macro invertebrados encontradas que forman parte del proceso de descomposición y el ciclo de nutrientes, especialmente de crustáceos, artrópodos y anfípodos, permitiendo una mejor visión del estado ambiental.

Referencia Bibliográfica

Agudelo, C. M., Bolívar, J., Polanía, J., Urrego, L. E., Yepes, A., & Sierra, A. (2015). Estructura y composición florística de los manglares de la bahía de Cispatá, Caribe colombiano. *Revista de Biología Tropical, 63*(4), 1137-1147.

Alongi, D. M. (2009). *The Energetics of Mangrove Forests.* Springer Science+Business Media.

Alongi, D. M. (2011). Carbon payments for mangrove conservation: ecosystem constraints and uncertainties of sequestration potential. *Enviromental Science an policy, 14*, 462-470.

Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forest. *Annual Review of Marine Sciences, 6*, 195-219.

Álvarez, S. (2005). La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. *Ecosistemas, 14*(2), 17-29.

Álvarez-León, R., Avendaño-Remolina, D., & Sanjuan-Muñoz, A. M. (2014). La relación entre Peltigera sp. y Rhizophora mangle en Arroyo de Plata (Bolívar), Caribe Colombiano. *Luna Azul*(38), 105-121.

Barroso-Matos, T., Bernini, E., & Rezende, C. E. (2012). Decomposition of mangrove leaves in the estuary of Paraíba do Sul River Rio de Janeiro, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research, 40*(2), 398-407. doi:10.3856/vol40-issue2-fulltext-14

Charpenter, A., & Tuso, L. (2014). PROPUESTA DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) PARA LA CIUDAD DE ESMERALDAS, PROVINCIA DE ESMERALDAS, ECUADOR MEDIANTE UN MODELO ESPACIAL. . *Universidad de la Fuerzas Armadas*, 106-140.

COA. (2017). *Codigo Organico del Ambiente.* Quito.

Constitución. (2008). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR* . Montecristi.

Díaz Ruiz, S., Cano Quiroga, E., Aguirre León , A., & Ortega Bermal, R. (2004). Diversidad, abundancia y conjuntos ictiofaunísticosdel sistema lagunar estuarino Chantuto-Panzacola, Chipas, Mexico. *Revista de Biologia Tropical*, 187-199. Obtenido de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000100025&lng=en&tlng=es

Gaibor, M. d. (2014). Socio manglar, una esperanza para un ecosistema en peligro. *Gestión, 245*, 62-63.

Galeano Galeano, E., Mancera Pineda, J. E., & Medina Calderón, J. H. (2010). Efecto del sustrato sobre la descomposición de hojarasca en tres especies de mangle en la Reserva de Biosfera Seaflower, Caribe Colombiano. *Caldasia, 32*(2), 411-424. Recuperado el 19 de Abril de 2018, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322010000200012&lng=en&tlng=es.

HACH. (2014). Nitrate, Cadmium Reduction Method.

HACH. (2014). Phosphorus, Aswcorbic Acid Method.

HACH. (2015). Nitrite, Diazotization Method.

HACH. (2015). Nitrogen, Ammonia, Salicylate Method.

Hernández, M. E. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana, 28*(2), 139-147.

Hogarth, P. J. (2015). *The Biology of Mangroves and Seagrasses* (Third ed.). Oxford University Press.

Holdridge, L. R. (1978). *Holdridge Ecología basada en zonas de vida.* San Jose, Costa Rica: IICA.

Ibarra, M., Caldentey, J., & Promis, Á. (2011). Descomposición de hojarasca en rodales de Nothofagus pumilio de la región de Magallanes. *Bosque, 32*(3), 227-233. doi:10.4067/S0717-92002011000300004

INEC. (2010). *Resultados de Censo de poblacion Ecuador.* Ecuador.

Keuskamp, J. A., Hefting, M. M., Dingemans, B. J., Verhoeven, J. T., & Feller, I. C. (2015). Effects of nutrient enrichment on mangrove leaf litter decomposition. *Science of the Total Environment, 508*, 402-410.

Linneweber, V. (2002). *Mangrove Ecosistems; Function and Management.* Springer Science & Business Media. doi:10.1007/978-3-662-04713-2

MAE. (2016). Áreas protegidas del Ecuador socio estratégico para el desarrollo. *Boletin SUIA MAE*. Recuperado el 10 de Junio de 2017, de http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/346525/Areas+Protegidas+del+Ecuador.pdf/390b099f-6f57-4d38-bf17-cea3a138caf5

Moroyoqui-Rojo, L., Flores-Verdugo, F., Escobedo Urias, D. C., Flores de Santiago, F., & González Farías, F. (2015). Uso potencial de dos especies de mangle subtropical (Laguncularia racemosa y Rhizophora mangle) para la remoción de nutrientes en sistemas de recirculación cerrado. *Ciencias Marinas, 41*(4), 255-268.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). Manual básico de muestreo y análisis en ecologia vegetal. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible*. Obtenido de http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41288408/Mostacedo2000EcologiaVegetal.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expire

s=1478310337&Signature=BRERl4jmFF2q2dnN6r63tNUHfrc%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMANUAL_DE_METODOS_

Orejuela-Rojas, A. M., Villamil, C. A., & Sanjuan-Muñoz, A. (2011). Cobertura y estructura de los bosques de mangle en la Baja Guajira, Caribe Colombiano. *Boletin del Instituto de Investifaciones Marinas y Costera*, *40*(2), 381-399.

Querales, Y., Barboza, F., Briceño, J., & Medina, E. (2012). Descomposición de material foliar de Rhizophora mangle en el manglar de punta Capitán Chico, estado Zulia, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 46*(1), 19-31.

Reese, R. D. (s.f.). Restauración Ecológica de los manglares en la Costa del Ecuador.

Robertson, A. I., & Alongi, D. M. (1992). *Tropical Mangrove Ecosystems* (Vol. 41). American Geophysical Union.

Rodríguez-Ramírez, A., Nivia-Ruíz, J., & Garzón-Ferreira, J. (2004). Características estructurales y funcionales del manglar de Avicennia Germinans en la bahía de Chenge (Caribe Colombiano). *Boletin del Instituto de Investifaciones Marinas y Costera*(33), 223-244.

Sierra-Rozo, O., Mancera Pineda, J. E., & Santos-Martínez, A. (2009). Velocidad de descomposicion de la hojarasca en diferente sustratos de manglar durante la época de lluvias en San Andrés Isla, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, *38*(1), 59-84.

SNAP. (2014). *Guia de Parques nacionales.*

Torres, R., Lugo, C., Gordon, E., & Suárez-Villasmil, L. (2013). Descomposición foliar In Situ de Heliconia Marginata en un humedal herbáceo (Barlovento, Venezuela). *PoliBotánica*(35), 21-40.

TULSMA. (2003). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente.* Quito.

Valdés Velarde, E., Valdez Hernández, J. I., Ordaz Chaparro, V. M., Gallardo Lancho, J. F., Pérez Nieto, J., & Ayala Sánchez, C. (2011). EVALUACIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS DE LOS MANGLARES DE NAYARIT. *Revista Mexico Cience, 2*(8), 47-58.

Valle-Aranjo, J. I. (s.f.). Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del pacífico colombiano. *Asociación Interciencia, 28*(3), 148-153.

Vera, A., & Martínez, M. (2013). Bosque de manglar: ambiente para la enseñanza y aprendizaje de la Ecología. *Multiciencias, 13*(1), 46-52.

Wider, R. K., & Lang, G. E. (1982). A Critique of the Analytical Methods Used in Examining Descoposition Data Obtained from Litter Bags. *Ecological Society of America, 63*(6), 1636-1642. Obtenido de http://www.jstor.org/stable/1940104 .

Anexos

Anexo I Criterios de calidad admisible del amoniaco total para la protección de vida acuática (mg/L NH3)

Registro Oficial -- Edición Especial Nº 387 - Miércoles 4 de noviembre de 2015 -- 15

TABLA 2a. CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLE DEL AMONIACO TOTAL PARA LA PROTECCIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA (mg/l NH_3)

Temp (°C)	pH							
	6	**6,5**	**7**	**7,5**	**8**	**8,5**	**9**	**10**
0	231	73	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,5	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Anexo II Preparación de muestras de hojarasca



Anexo III Elaboración de bags de descomposición



Anexo IV Preparación de bags de descomposición



Anexo V Implantación de bags de descomposición en RVSMERE



Anexo VI Muestras de hojarascas de 1 semana

Mangle blanco	Mangle negro	Mangle rojo
		

Anexo VII Muestras de hojarascas de 3 semanas

Mangle blanco	Mangle negro	Mangle rojo
		

Anexo VIII Muestras de hojarascas de 6 semanas

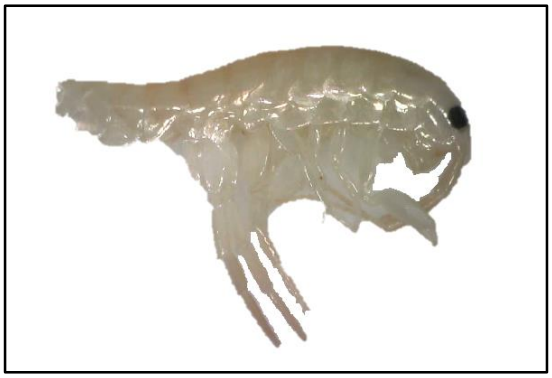
Mangle blanco	Mangle negro	Mangle rojo
		

Anexo IX Muestras de hojarascas de 10 semanas

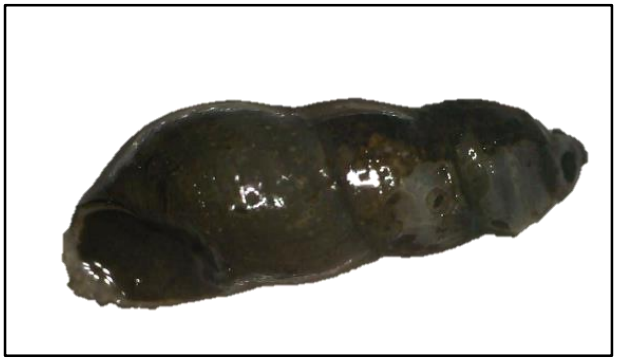
Mangle blanco	Mangle negro	Mangle rojo
		

Anexo X Muestras de macro invertebrados

Amphipoda, Familia Hyperiidea



Cerithioidea, Familia Thiaridae, *Melanoides*



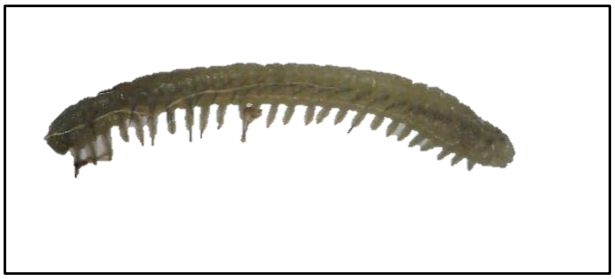
Coleoptera, Familia Curculionidae



Ortoptera, Familia Gryllidae



Poliqueto Eunicida



Littorinimorpha, Familia Bithyniidae, *Bithynia*



Larva Lepidoptera, Familia Pyralidae



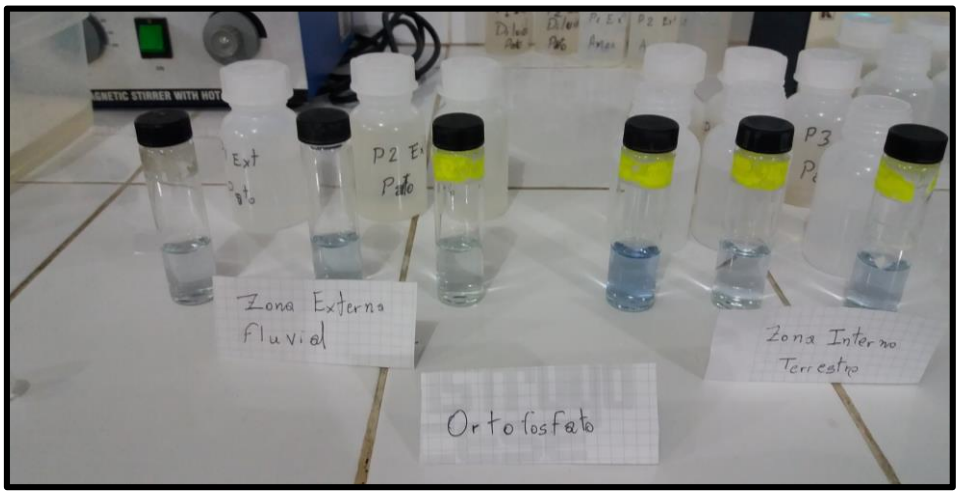
Anexo XI Filtrado de muestras de agua

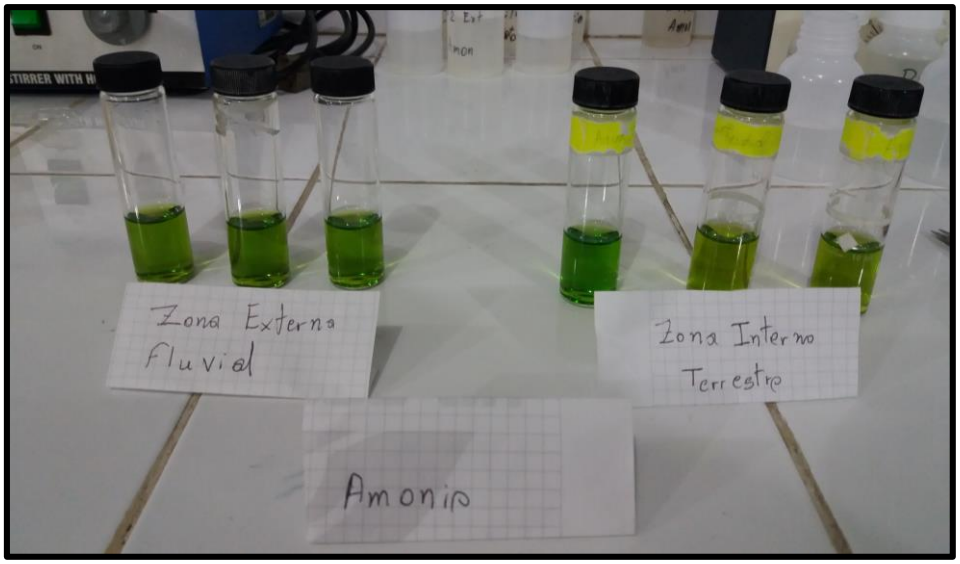




Anexo XII análisis de nutrientes muestras de agua







Anexo XIII Calcinación y pesaje de materia orgánica



