

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad Ciencias de la Vida**

Propuesta para la determinación de la recolonización de invertebrados en  
un bosque de manglar reforestado

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

#### **Biólogo**

Presentado por:

Carlos Alejandro Sánchez Monserrate

José Manuel González Domínguez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## DEDICATORIA

Carlos Alejandro:

Dedico este trabajo a mi tía Leonor Monserrate, por haber sido la primera maestra que tuve en mi vida y a mi madre Magdalena Monserrate, por haberme brindado apoyo y respaldo a lo largo de los estudios de pregrado.

José Manuel:

El presente proyecto se lo dedico a todas las personas que creyeron y confiaron en mí. En especial, se los dedico a mis padres y hermanos (as) que siempre me apoyaron y brindaron sus mejores deseos durante esta etapa de estudio.

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro más sincero agradecimiento al profesor tutor, Gustavo Domínguez, Ph.D., quien siempre estuvo atento a cualquier interrogante y nos ayudó durante el desarrollo y finalización de este trabajo.

Agradecemos tanto a Dios y a las personas más importantes de nuestras vidas, nuestras familias, quienes nos brindaron su apoyo incondicional y nos motivaron siempre durante esta etapa de estudio de pregrado.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *José Manuel González Domínguez* y *Carlos Alejandro Sánchez Monserrate* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



José González D.



Carlos Sánchez M.

# **EVALUADORES**

.....  
**Diego Arturo Gallardo Pólit**

**PROFESOR DE LA MATERIA**

.....  
**Gustavo Adolfo Domínguez Cazco**

**PROFESOR TUTOR**

## RESUMEN

Los macroinvertebrados asociados al manglar participan en ciertos procesos de este ecosistema como el ciclo de nutrientes, oxigenación de sedimento, producción de materia orgánica y brindan servicios ecosistémicos a los humanos como la pesca. Actualmente, no existe información sobre el proceso de recolonización de macroinvertebrados en manglares reforestados del Ecuador, por ello, esta propuesta busca determinar cómo las comunidades de invertebrados bentónicos recolonizan una área de manglar reforestada mediante técnicas de muestreo cualitativas y cuantitativas para la contribución de planes de gestión y manejo de sus recursos. Se propuso un diseño experimental con 3 tratamientos con 10 parcelas cada uno, las cuales estaban formados por plántulas de *R. mangle*, tubos PVC y un grupo control. Se propuso realizar el muestreo de sedimento por triplicado 5 veces en 12 meses empleando una draga Petersen para la recolección de macroinvertebrados y análisis de las características físicas de sedimento. Para los resultados esperados, se espera el aumento de la abundancia y riqueza de especies en el tratamiento con *R. mangle*, y observar diferencias no significativas entre los tratamientos de control. Además, se espera que los parámetros abióticos influyan en la recolonización de las comunidades de macroinvertebrados asociados al manglar. Por lo tanto, se puede argumentar que la reforestación de los manglares favorece la recolonización de las comunidades de macroinvertebrados en escalas de tiempo relativamente cortas. Además, las características físicas del sedimento pueden influir en el desarrollo de estas comunidades cuando son modificadas por la presencia de los mangles.

**Palabras Clave:** Macroinvertebrado, manglar, recolonización, diseño, reforestación

## **ABSTRACT**

*Macroinvertebrates associated with mangroves participate in certain processes of this ecosystem such as nutrient cycling, sediment oxygenation, organic matter production, and provide ecosystem services to humans such as fishing. Currently, there is no information on the process of recolonization of macroinvertebrates in reforested mangroves of Ecuador, therefore, this proposal aims to determine how the communities of benthic invertebrates recolonize a reforested mangrove area using qualitative and quantitative sampling techniques for the contribution of plans of management and management of its resources. An experimental design was proposed with 3 treatments with 10 plots each, which consisted of *R. mangle* seedlings, PVC tubes and a control group. It was proposed to perform the sediment sampling in triplicate 5 times in 12 months using a Petersen dredge for the collection of macroinvertebrates and analysis of the physical characteristics of the sediment. For the expected results, the increase in abundance and richness of species is expected in the treatment with *R. mangle*, and to observe non-significant differences between the control treatments. Furthermore, abiotic parameters are expected to influence the recolonization of macroinvertebrate communities associated with the mangrove swamp. Therefore, it can be argued that reforestation of mangroves favors recolonization of macroinvertebrate communities in relatively short time scales. Furthermore, the physical characteristics of the sediment can influence the development of these communities when they are modified by the presence of mangroves.*

**Keywords:** *Macroinvertebrate, mangrove, recolonization, design, reforestation*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
ABREVIATURAS .....	IV
SIMBOLOGÍA .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	I
CAPÍTULO 1 .....	0
1. INTRODUCCIÓN .....	0
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Justificación del problema.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Marco teórico .....	5
1.4.1 Importancia de los manglares .....	5
1.4.2 Deforestación de los manglares.....	7
1.4.3 Restauración de los manglares.....	8
1.4.4 Colonización de invertebrados en bosques de manglar.....	9
CAPÍTULO 2.....	12
2. METODOLOGÍA .....	12
2.1 Definición del área de estudio.....	12
2.2 Diseño experimental .....	12
2.3 Muestreos y toma de datos.....	14



2.4	Análisis Estadístico.....	15
CAPÍTULO 3.....		17
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	17
3.1	Taxonomía, riqueza y abundancia de macroinvertebrados. ....	17
3.2	Cambios en la estructura comunitaria macrobentónica .....	19
3.3	Atributos de parámetros abióticos .....	21
CAPÍTULO 4.....		23
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	23
4.1	Conclusiones .....	23
4.2	Recomendaciones.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....		26
ANEXOS.....		30

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FCV	Facultad de Ciencias de la Vida
INAMHI	Institución Nacional de Meteorología e Hidrología
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
INOCAR	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada del Ecuador
PN	Parcelas Naturales
PCE	Parcelas de Control Estructural
PCB	Parcelas de Control Blanco
PERMANOVA	Análisis permutacional multivariado de varianza para datos no paramétricos
MASS	Modern Applied Statistics with S

## SIMBOLOGÍA

km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
%	Porcentaje
ha	Hectárea
km	Kilómetro
mm	Milímetro
M	Metro
cm	Centímetro
°C	Grados centígrado
PVC	Cloruro de polivinilo

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Área de estudio Puna – Guayaquil .....	13
Figura 2.2 Diagrama que muestra los tres tratamientos experimentales .....	14
Figura 3.1 Grupos taxonómicos presentes en sedimento estuarino.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Figura 3.2 Estructura de la comunidad de macroinvertebrados.....	18
Figura 3.3 Análisis de componentes principales .....	19
Figura 3.4 Abundancia de macroinvertebrados durante el estudio.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Servicios ecosistémicos de los manglares.....	6
Tabla 3.1 Tabla de resultados del PERMANOVA.....	19
Tabla 3.2 Modelos lineales generalizados para determinar los cambios de riqueza y abundancia de los macroinvertebrados entre tratamientos experimentales y factores abióticos.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Los bosques de manglares son ecosistemas muy complejos de relevancia importancia en el planeta, puesto a que proveen una gama de servicios ecosistémicos y funciones ecológicas con un alto valor económico, social y biológico (Gorman & Turra, 2016). El papel de los manglares radica en su importancia, económica y ecológicamente, puesto que como recurso natural y como protección del ambiente son aspectos que no pueden separarse sin perjuicio para la zona (Mbense et al., 2016). Su importancia ecológica reside en las funciones que realiza en la estabilización y protección de las líneas costeras, proporcionando un sitio de alimentación y crías de diversas especies de peces y crustáceos y hábitats para bivalvos, cangrejos y lugares de anidación de aves costeras, papel vital en la exportación y el secuestro de carbono, entre otras (Mbense et al., 2016).

Por otro parte, los bosques de manglar tienen un valor económico derivado de su papel de criadero de especies para la pesca, así como la obtención de madera para diversos usos artesanales y comerciales, y el de la formación boscosa contribuyendo a la cadena marina debido a que producen hojarasca, detritos y compuestos orgánicos solubles, beneficiando a algunas especies de animales marinos de importancia comercial que pasan al menos parte de su ciclo de vida en el ecosistema de manglar debido a que de allí se concentran todos los nutrientes provenientes de los ríos, que son atrapados por las raíces del mangles (Lewis, 2005).

DP World en asociación con la Fundación Calisur, encargada de restaurar los bosques de manglares en Ecuador, han iniciado la reforestación de un área cercana al Golfo de Guayaquil usando especies de mangle características de este ecosistema. Siendo los propágulos de *Rhizophora mangle* una de las mejores estrategias para la reforestación de bosques de manglar. Sin embargo, la determinación de cómo las especies de invertebrados se restablecen en estos nuevos hábitats no se ha estudiado de manera sistemática ya que la colonización

de macroinvertebrados en áreas de manglar recién reforestadas, son esenciales, puesto que estos organismos cumplen roles fundamentales dentro de los bosques de manglar, tales como; consumidores primarios que sostienen la compleja red trófica estuarina, ayudan a la descomposición de las hojas y como consecuencia aportan a la producción de la materia orgánica y flujo de nutrientes y energía. Asimismo, los macroinvertebrados, se los puede considerar como indicadores de la salud de este tipo de ecosistemas debido a su gran abundancia, diversidad de especies, facilidad de recolección, respuesta rápida a perturbaciones ambientales y su importancia ecológica (Pik et al., 2002).

Es decir, son bioindicadores útiles del cambio ecológico, evaluadores de conservación y vigilancia del medio ambiente. Además, son productos de importancia económica y comercial para el país. Por lo que la composición de los ensamblajes de estos microorganismos proporcionará una herramienta de medición para la evaluación rápida de las decisiones de gestión y control de los ecosistemas; puesto a que estos microorganismos tienen la capacidad de detectar y monitorear la heterogeneidad del hábitat proporcionando una medida de restauración ecológica y un medio para implementar el manejo adaptativo y la restauración del ecosistema (Pik et al., 2002).

## **1.1 Descripción del problema**

En la parroquia Posorja perteneciente a la ciudad de Guayaquil, la compañía DP World en convenio con el Gobierno de la República del Ecuador, inició la construcción de un puerto de aguas profundas, el cual implica la ocupación de un espacio de aproximadamente 1000 ha. Adicionalmente, se construyó una carretera de 20 km de acceso. Como consecuencia de estas construcciones, se realizó una tala de bosque de manglar. Sin duda, la pérdida de esta área afectó a la biota que ocupaba ese lugar y privó de varios servicios ecosistémicos a los habitantes de las comunidades adyacentes.

Como una medida de mitigación ambiental, DP World en asociación con la Fundación Calisur han iniciado un plan de reforestación de un área cercana al Golfo de Guayaquil usando la especie de mangle característica de este ecosistema,

como: *Rhizophora mangle*. La reforestación de la vegetación del manglar es uno de los procesos básicos en respuesta a los impactos naturales y antropogénicos que se pueden presentar en estos ecosistemas.

Por lo que es necesario comprender y recopilar información cuantitativa y cualitativa sobre la biodiversidad de la fauna dentro de los ecosistemas de manglares antes de la adición de áreas forestales. En particular, es importante evaluar la composición de especies de macroinvertebrados y así como la biomasa de esta fauna asociada a bosques de manglar recientemente restaurados para lo cual se puede emplear una metodología que permita registrar sistemáticamente cómo la colonización de la fauna de macroinvertebrados ocurre dentro de este hábitat.

## **1.2 Justificación del problema**

La reforestación es una de las mejores estrategias para la restauración de áreas de manglar. Es importante recordar que en el pasado este tipo de acciones ya se han realizado para beneficio social, económico y ambiental de las áreas de manglar. Sin embargo, la determinación de cómo las especies de invertebrados se restablecen en estos nuevos hábitats no se ha estudiado de manera sistemática. Los manglares reforestados producen servicios ambientales positivos que benefician al ambiente y a la economía. También brindan servicios ecosistémicos esenciales y albergan un sinnúmero de especies de importancia ecológica y económica. En especial cuando están ligados directamente con la presencia de organismos invertebrados en sus diferentes niveles tróficos.

Los macroinvertebrados son organismos que cumplen roles fundamentales dentro de los bosques de manglar, por ejemplo, son los consumidores primarios que sostienen la compleja red trófica estuarina, ayudan a la descomposición de las hojas y como consecuencia aportan a la producción de la materia orgánica. Así mismo, los macroinvertebrados, se los puede considerar como indicadores de la salud de este tipo de ecosistemas. Además, son recursos de importancia económica y comercial para el país.



En este contexto, la rehabilitación de este ecosistema debe estar fundamentada con información sobre el restablecimiento de sus comunidades biológicas y el estudio de su ecología con la finalidad de determinar qué tipos de macroinvertebrados recolonizan el bosque de manglar reforestado a través de los procesos de sucesión ecológica. Como resultado de este tipo de estudios se podría establecer protocolos de gestión y manejo de estas nuevas áreas para que se obtenga un desarrollo óptimo de las mismas. Esto traería muchos beneficios a los usuarios de estas nuevas áreas de manglar debido a que se aportaría con nuevos conocimientos sobre la biología de las especies comerciales que emigran a las áreas de manglar reforestadas. Y como consecuencia, se establecería nuevas estrategias de comercialización y consumo de las especies.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar cómo las comunidades de invertebrados bentónicos recolonizan un bosque de manglar reforestado mediante técnicas de muestreo cualitativas y cuantitativas para la contribución de planes de gestión y manejo de sus recursos.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- a) Realizar un levantamiento de información para el establecimiento de las mejores técnicas de muestreo de comunidades bentónicas en áreas de manglar.
- b) Seleccionar las técnicas de muestreo más adecuadas al área de estudio propuesto.
- c) Evaluar cuáles son los organismos macroinvertebrados que recolonizan el manglar reforestado (bosque joven) mediante la comparación de datos con un bosque maduro.
- d) Analizar las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos para la comprensión de la estructura y funcionalidad de la comunidad bentónica.

## 1.4 Marco teórico

### 1.4.1 Importancia de los manglares

El bosque de manglar es un ecosistema que se caracteriza debido a su ubicación en la interfase del ambiente terrestre y marino que recibe sedimentos provenientes de los océanos y de las aguas continentales con dinámicas variadas según la ubicación geográfica. De acuerdo con Hernández y colaboradores (2018), el movimiento de aguas a su vez está ligado con el arrastre de sedimento que posee un alto contenido de materia orgánica la cual es secuestrada por los mangles y favorece su desarrollo. Según la FAO (2007), se estima que la superficie de los bosques de manglar es de aproximadamente 110.000 y 240.000 Km<sup>2</sup> en todo el mundo.

Los mangles desempeñan un papel como productores de un ecosistema que albergan una amplia cantidad de animales como cangrejos que habitan en el sedimento bajo las raíces contribuyendo al ciclo de nutrientes biogeoquímicos y aireación del sedimento, organismos pertenecientes a la familia Oxudercinae que están adaptados a ambientes parcialmente sumergidos como el sedimento estuarino, camarones, almejas, langostas, peces, aves estuarinas que usan las ramas de los mangles para anidar y se alimentan de invertebrados y peces presentes en los sedimentos y estuario adyacente, anfibios, mamíferos terrestres, acuáticos entre otros (Castro & Huber, 2003).

Los bosques de manglar se caracterizan por proporcionar una amplia cantidad de servicios ecosistémicos y por lo cual albergan a comunidades enteras que habitan como concesiones y regidos a acuerdos legales en los que generalmente están comprometidos a la explotación sustentable de los recursos y beneficios que brinda el manglar que son considerados como bienes públicos restringidos o limitados (Hernández, Costanza, & Cifuentes, 2018).

Algunos de los servicios ecosistémicos ofrecidos por el manglar se especifican en la **tabla 1.1**, clasificados en: servicios de aprovisionamiento,

servicios de regulación, servicios culturales y servicios de soporte. En el 2010, Ainul y Badola afirmaron que el secuestro de CO<sub>2</sub> a través de su absorción en sus sedimentos ayuda significativamente a mitigar los efectos de este gas invernadero contribuyendo a su vez a regulación del clima. Adicionalmente, otros servicios ecosistémicos de gran importancia son la transformación de nutrientes que promueven los ciclos biogeoquímicos, protección costera contrarrestando los fenómenos naturales que van desde inundaciones hasta otros más graves como tsunamis, ciclones tropicales y maremotos puesto a que la fijación de los mangles con sus raíces aéreas al sedimento forma una barrera natural fija y estable. Por otra parte, los manglares también reducen significativamente la erosión costera retardando el proceso de erosión.

**Tabla 1. 1 Servicios ecosistémicos de los manglares [Hernández, Costanza, & Cifuentes, 2018]**

Servicios de aprovisionamiento	Servicios de regulación	Servicios culturales	Servicios de soporte
Alimentación y pesca	Regulación del clima	Valores culturales, espirituales y artísticos	Mantenimiento de la biodiversidad
Hábitat de personas	Secuestro del carbono		
Biorremediación del agua	Control biológico	Valor estético	Formación y manteamiento de la fertilidad del suelo
Productos farmacéuticos	Protección costera	Educación e investigación	
Producción de oxígeno	Estabilización costera y control de la erosión	Usos no materiales	
Materias primas	Almacenamiento de contaminantes, bioindicador y desintoxicación	Ecoturismo y recreación	Ciclo de nutrientes
Control y protección contra inundaciones			

### 1.4.2 Deforestación de los manglares

Actualmente los manglares enfrentan una disminución de su cobertura en todo el mundo, la tasa de descenso no es fácil de cuantificar debido a que el ritmo de deforestación varía en cada país. Sin embargo, gracias a datos proporcionados por imágenes satelitales se ha logrado estimar la tasa de disminución hasta en un 2% anual de la cobertura de manglar (FAO, 2007).

Las principales amenazas que enfrentan los manglares en las regiones subtropicales son los tifones y huracanes, mientras tropicales más centrales donde este tipo de fenómenos meteorológicos no son físicamente viables existe una amenaza que representa un mayor peligro y esta es la sobreexplotación de recursos naturales (Hogarth, 2015). A diferencia de los tifones y huracanes, la sobreexplotación de recursos del manglar es constante y tiene mayor presencia en países en vías de desarrollo los cuales practican pocas estrategias de uso sustentable de recursos incumplen las leyes que protegen a estos.

Las actividades que provocan la pérdida de bosques de manglar producen utilidades económicas inmediatas, pero pérdidas a largo plazo. Entre estas actividades se encuentran el desarrollo urbano e industrial, las prácticas acuícolas insostenibles, la ganadería y el cultivo de arroz y caña de azúcar. La contaminación del agua y la alteración de los cambios hidrológicos también cobran su precio. Una nueva amenaza reconocida para los manglares es el cambio climático y consecuente aumento del nivel del mar (Suman, 2018).

Beitl y colaboradores (2019) realizaron un estudio en el Archipiélago de Jambelí, Ecuador, en donde cuantificaron los patrones de cambio de la cobertura del bosque de manglar durante 1985 y 2014 mediante un análisis de teledetección con investigación etnográfica. Los resultados de este estudio revelaron que la acuicultura de camarón modeló la cobertura forestal del manglar hasta 1999, a través de la tala de mangle y el establecimiento de acuicultura. No obstante, a partir del 2000 la tasa de

deforestación disminuyó gracias a la implementación de legislaciones ambientales y en algunos casos se presentó recuperación de la cobertura vegetal gracias a proyectos de reforestación.

La degradación o remoción de material vegetal y animal a un ritmo mayor al que puede ser sustituido conlleva a la destrucción de un ecosistema. Para ilustrar mejor esta aseveración, Hogarth en 2015 mencionó que entre 1970 y 1980, la floreciente industria japonesa del rayón creó una creciente demanda de astillas de madera para la extracción de celulosa. La sobreexplotación de 70.000 ha generó \$ 260 000, sin embargo, la pérdida permanente del manglar ha afectado a las pesquerías de organismos asociados al manglar, lo cual superaba el beneficio financiero.

### **1.4.3 Restauración de los manglares**

Los esfuerzos de restauración de manglares son fundamentales, es menester conocer adecuadamente la eliminación de los factores que provocan las afectaciones, por lo que la identificación de estos es un importante paso en el proceso de restauración, al igual que los requerimientos ecológicos generales de los diferentes ecosistemas de manglar y sus respuestas frente a factores o a elementos como el estrés (Ferreira, Ganade, & Attayde, 2015). Además, un según Van Loon, Te Brake, Van Huijgevoort y Dijkma (2016), las características en los diferentes territorios, así como la capacidad de regeneración y las estrategias regenerativas de las especies vegetales y la respuesta a los tensores de impacto más comunes deben ser tomados en cuenta para la restauración.

La sucesión ecológica es un fenómeno o proceso por el cual una comunidad ecológica sufre alteraciones más o menos ordenados y predecibles después de una perturbación o la colonización inicial de un nuevo hábitat. Todos los ecosistemas cambian a medida que transcurre el tiempo, por lo que cada vez que sufre un cambio, existen fases de sucesión iniciales de juventud y de madurez (Chen, Zhao, Li, Jian, & Ren, 2016).

Según Gorman y Turra (2016) la sucesión puede iniciarse con el establecimiento de especies pioneras en un lugar árido, como algas, líquenes y musgos que descomponen la roca para formar el suelo o por la formación de un nuevo hábitat desocupado.

Así mismo, Salmo, Tibbetts y Duke (2016) afirman que el manglar puede recuperarse a sí mismo o lograr exitosamente una sucesión secundaria durante períodos de 15 - 30 años si se cumplen con dos condiciones: mantenimiento del normal régimen de mareas y, además; la biodisponibilidad de semillas flotantes o propágulos de mangles de zonas adyacentes no son afectadas o bloqueadas. Las áreas reforestadas de manglar producen servicios ambientales positivos que benefician al ambiente y a la economía, como por ejemplo el restablecimiento de la cobertura arbórea, aumento de la fertilidad del suelo y mejora de su retención de humedad, estructura y contenido de nutrientes (Dale, Knight, & Dwyer, 2014).

#### **1.4.4 Colonización de invertebrados en bosques de manglar**

Los manglares guardan dos de los parámetros fisicoquímicos de mayor importancia para el desarrollo de los organismos bentónicos; la temperatura y salinidad. El flujo de nutrientes en combinación con las variables fisicoquímicas, tienen un efecto directo sobre el desarrollo de los microcrustáceos y otros organismos bentónicos, explicándose de esta forma la relación que existe entre los manglares y el desarrollo biológico de estos organismos a manera de una relación de mutualismo (Ferreira, Ganade, & Attayde, 2015).

Salmo, Tibbetts, & Duke (2016) realizaron un estudio en el que determinaron que los mangles reforestados representan un hábitat adecuado y funcional para la colonización de moluscos. En su investigación el asentamiento, composición, abundancia y biomasa variaron de acuerdo con las etapas de desarrollo de los árboles. Los bosques reforestados presentaron una mayor abundancia de moluscos que los maduros, esto

último se debe a que a medida que los bosques de manglares crecen y envejecen, el contenido de materia orgánica en el sedimento aumenta, haciéndolo más compactado y probablemente más difícil de excavar para los moluscos debido a la mayor resistencia, diámetro y densidad del sistema de raíces subterráneas.

Varios estudios han evaluado la composición de especies y biomasa de la fauna asociada a bosques de manglares restaurados empleando la colonización como un sustituto para la restauración de la función del hábitat. Sin embargo, tales estudios se han limitado a comparaciones de asociaciones de fauna entre manglares plantados y maduros o naturales, pero no se ha evaluado los patrones de cambios progresivos en la estructura y composición de los conjuntos a medida que envejecen los rodales de manglares (Duke, Ball , & Ellison, 1998).

Gorman y Turra (2016), determinaron que en un ecosistema de manglar reforestado se pueden encontrar alrededor de 43 especies de microinvertebrados y comunidades bentónicas, siendo los crustáceos los que mayor abundancia (61,3%) se hayan, seguido por los poliquetos (31,3%), gasterópodos (5,2%) y bivalvos (2,2%). De las especies que aumentaron en abundancia, se debe a que son especies oportunistas que se alimentan de depósitos o filtros, incluido el micro crustáceo *Monokalliapseudes schubarti*; los poliquetos, por ejemplo; *Capitella spp.*, *Armandia hossfeldi*, *Laeonereis culveri* y *Scoloplos leodamas*; el omnívoro gasterópodo *Olivella minuta*; y los bivalvos *Tellina spp.* y *Anomalocardia brasiliiana* que pueden reflejar los mayores niveles de materia orgánica disponible.

Salmo, Tibbetts y Duke (2016) mencionan que algunos grupos funcionales de invertebrados como crustáceos y moluscos pueden ser especies indicadoras del estado de conservación de los bosques naturales y bosques restaurados ya que actúan como ingenieros de ecosistemas que

desempeñan papeles importantes en los sedimentos topografía y biogeoquímica, vegetación estructura y primaria de producción.



# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para la realización de este estudio se propone la implementación de dos técnicas de investigación cualitativas: el análisis de documentos que permite identificar procedimientos apropiados para fortalecer el marco conceptual de la necesidad, y la observación participativa que se basa en el uso de fichas de campo, toma de notas y registro de datos medibles u observables en el área de estudio.

Este proyecto se realizará en cooperación con la fundación Calisur, la cual será la encargada de la forestación de *Rhizophora mangle*. Luego, en esta área forestada se establecerán las unidades experimentales para los muestreos.

### 2.1 Definición del área de estudio

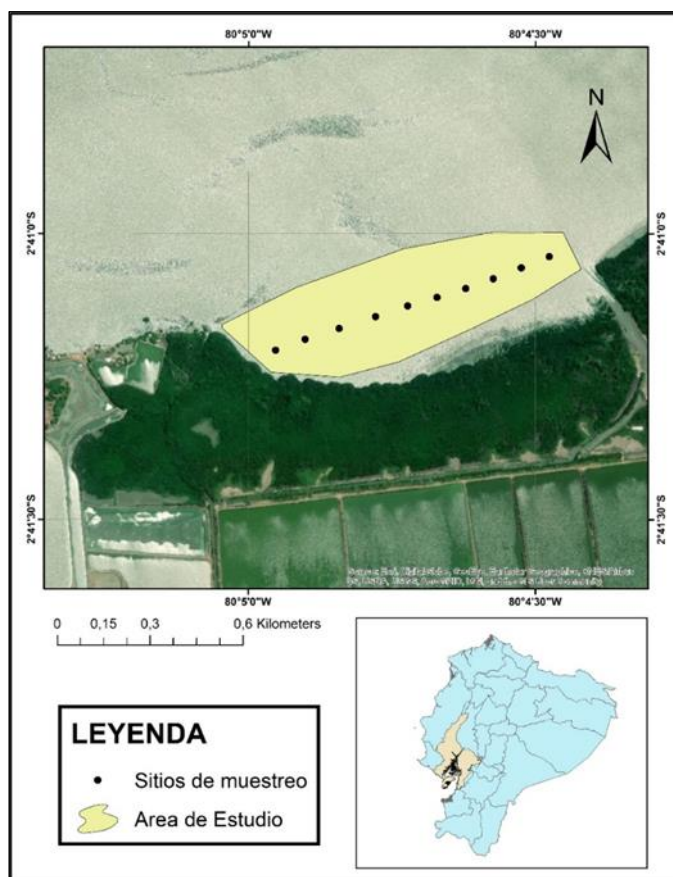
Este estudio se llevará a cabo en Zapote, una localidad perteneciente a la parroquia Puná, ubicada al suroeste de la Ciudad de Guayaquil en la provincia del Guayas, Ecuador tal como se ve en la **figura 2.1**. El área de estudio donde se evaluará la recolonización de bentos tiene una superficie de aproximadamente 30 ha y un perímetro de 2.58 Km.

Esta región según datos de INAMHI (2014), posee un clima con una época seca que va desde los meses de junio a noviembre y otra lluviosa que va desde diciembre a mayo con una precipitación es de 514,9 mm con una humedad relativa de 73% y una temperatura anual de 26,4 °C. El desarrollo de estudio tendrá una duración de 12 meses, a partir de mayo del 2021.

### 2.2 Diseño experimental

El diseño de este estudio se fundamentará en lo propuesto por Gorman y Turra (2016). Brevemente, se establecerán 3 grupos de 7 parcelas cuadradas cada uno con dimensiones de 5.0 m, separadas por 2.5 m, tal como se muestra en la **figura 2.1**. Entonces, las parcelas se dividirán en tres grupos: 1) parcelas naturales (PN),

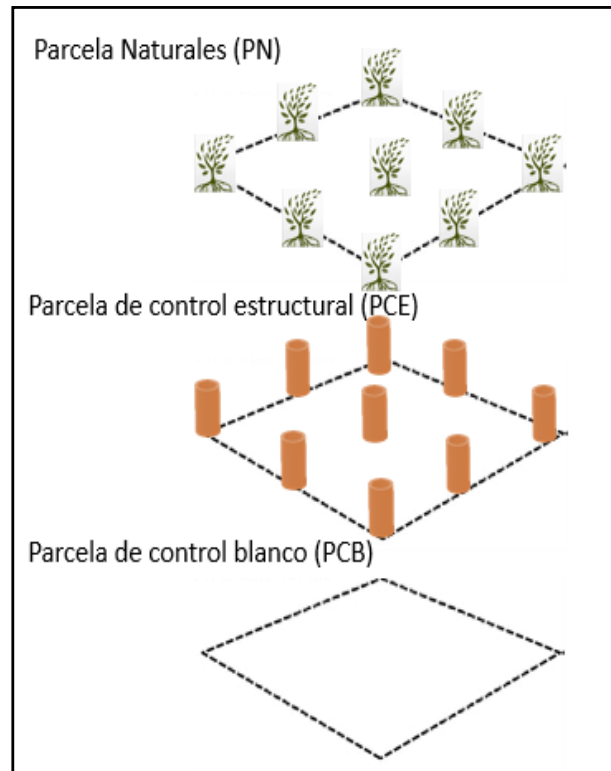
2) parcelas de control estructural (PCE), y 3) parcelas de control blanco (PCB). Las PN servirán para comparar los cambios en la dinámica de los sedimentos y las comunidades macrobentónicas y la influencia de los atributos estructurales vs biológicos con las PCE (similares a las plántulas). El grupo de PN estará conformado por 9 plántulas de *R. mangle* separadas a una distancia de 2.5 m de plántulas en tres filas cada uno.



**Figura 2.1. Área de estudio Puna – Guayaquil [José González].**

El grupo de PCE estará compuesto 9 sustratos artificiales según lo propuesto por Ruiz & López (2017) para semejar las raíces aéreas de *R. mangle*, estos estaban formados por tubos de PVC con diámetro de 4 cm y 1 metro de longitud a los que se les realizó pequeños orificios en toda su superficie y se los forró con una malla de plástico con luz de 1 mm, luego se los cubrirá con una mezcla de cemento, arena, agua y colorante café para concreto. Los sustratos artificiales estarán colocados en la misma disposición que las del grupo de PN.

Finalmente, las PCB trataran de simular un ambiente no perturbado. El grupo de PCB estará compuesto por parcelas sin plantas y sin sustratos artificiales, en este tratamiento no se realizarán perforaciones cómo se las realizó con las parcelas PN y PCE. Los detalles del diseño de estudio se pueden observar en la **figura 2.2.**



**Figura 2.2. Diagrama que muestra los tres tratamientos experimentales [Gorman y Turra, 2016].**

### **2.3 Muestreos y toma de datos**

Los monitoreos para tomar datos y registrar la posible presencia de comunidades de macroinvertebrados bentónicos se realizarán antes de la reforestación de manglar en la zona de estudio. Luego del establecimiento de los 3 grupos de parcelas, se llevarán a cabo los muestreos a los 3, 6 y 12 meses, mediante el uso de una draga Petersen la cual según Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2014), se usa para muestrear fondos pedregosos, su peso y forma causan una fuerte onda de choque en sedimentos blandos cuando se sumerge y al subirse se pueden abrir las palas y permite lavar el material en cada muestreo.

El muestreo de invertebrados bentónicos se realizará mediante 10 extracciones de sedimento en forma aleatoria por cada tipo de parcela PN, PCE y PCB, en

condiciones de bajamar siendo un total de 30 extracciones por muestreo y en total 120 durante todo el periodo del estudio. Después de cada muestreo se marcarán el lugar para disminuir el sesgo y garantizar la aleatoriedad del muestreo.

Adicionalmente, se tomarán muestras de sedimento de un remante de bosque maduro ubicado cerca del área de estudio en la misma localidad de Zapote antes del establecimiento de las parcelas donde se tomarán 10 muestras, luego de 12 meses se volverá a tomar 10 muestras para su posterior comparación con los datos obtenidos en las muestras de las parcelas. Además, para cada extracción de sedimento en las parcelas y bosque maduro, se extrajo una réplica para análisis de parámetros abióticos.

Las muestras de sedimentos se analizarán serán analizadas en el Laboratorio de Ecotoxicología de la Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) en la ESPOL. Los organismos macroinvertebrados se clasificarán hasta el mayor nivel taxonómico posible con la implementación de observaciones en estereomicroscopio. Además, se determinarán en las réplicas el tamaño de grano de sedimento mediante análisis granulométrico de Folk y Ward (1957), contenido de materia orgánica según el método propuesto por Dean (1974) y altura de la marea con datos proporcionados por INOCAR (2020).

## **2.4 Análisis Estadístico**

Los cambios en la estructura de macroinvertebrados entre los diferentes tratamientos con respecto al tiempo serán evaluados siguiendo la metodología propuesta por Anderson (2001), la cuál se basa en el planteamiento de un análisis permutacional multivariado de varianza para datos no paramétricos (PERMANOVA) usando el software Primer 7, este análisis se hace con datos transformados en una variable dicotómica de presencia o ausencia de un taxón mediante la similitud de Bray-Curtis. Además, también se calcularán la abundancia y riqueza de especies, que son estimadores que según Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2014), son útiles para estudios no paramétricos.

Por otro lado, las relaciones entre riqueza de especies de macrobentos y parámetros abióticos medidos en este estudio, se determinará con modelos lineales generalizados utilizando el paquete MASS en R Studio. Los modelos compararán cada uno de los tipos de parcelas con los parámetros físicos medidos en este estudio.

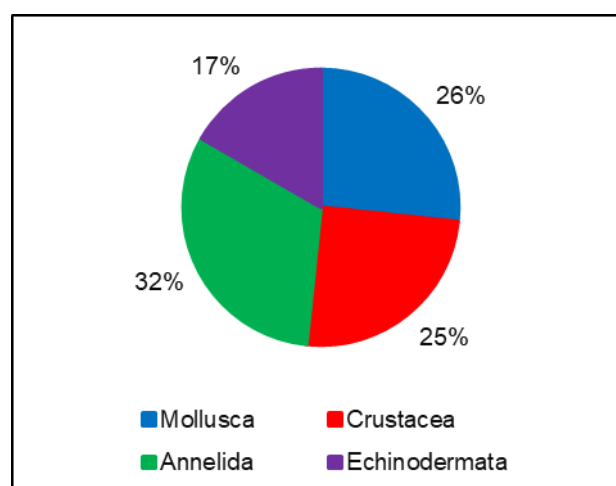
# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentan resultados esperados de la propuesta de la determinación de la recolonización de macroinvertebrados en base a proyecciones hechas mediante la revisión de métodos y datos de estudios anteriores. Se realizó una lista de 4 grupos de taxones: el filo molusco y el subfilo crustáceos obtenidos del estudio de Caicho (2003); el filo equinodermos obtenido del trabajo de Neira, Jaime y Cantera (2005); y el filo anélidos obtenido del trabajo publicado por Calderón (2019). Con base a estos datos se estimó cambios en la abundancia, riqueza y factores abióticos en el estudio.

### 3.1 Taxonomía, riqueza y abundancia de macroinvertebrados.

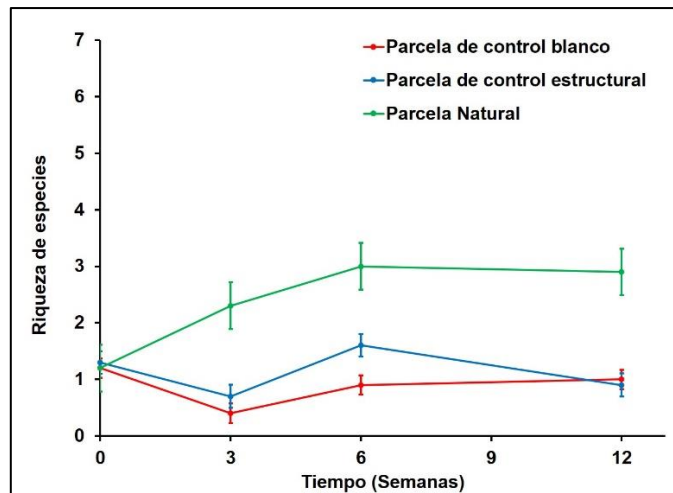
Según los estudios previos analizados, se espera encontrar 60 especies de macroinvertebrados en los 4 muestreos de sedimentos planificados para un periodo de 12 meses. La figura 3.1 muestra varios grupos taxonómicos con un predominio de anélidos (32%), moluscos (26%), seguidos por crustáceos (25%) y finalmente los equinodermos (17%).



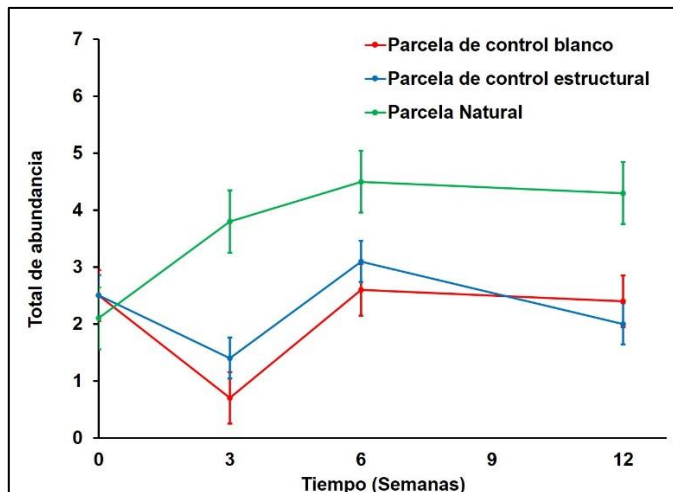
**Figura 3.1. Grupos taxonómicos presentes en sedimento estuarino [Caicho, 2013; Calderón, 2019; Neira, Jaime, & Cantera, 2005].**

Se estima que este estudio al igual que los realizados por Gorman y Turra (2016), presentarán la abundancia y la riqueza de especies con una tendencia que al inicio sería baja y casi constante, no obstante, en el transcurso del estudio se espera que estos atributos de la comunidad de macroinvertebrados presenten un incremento significativo. Especialmente, después del primer muestreo en PN debido a que estas parcelas poseen plántulas de *R. mangle*, las cuales promueven la recolonización de macroinvertebrados en áreas degradadas, tal como se muestra en la **figura 3.2**.

**A**



**B**



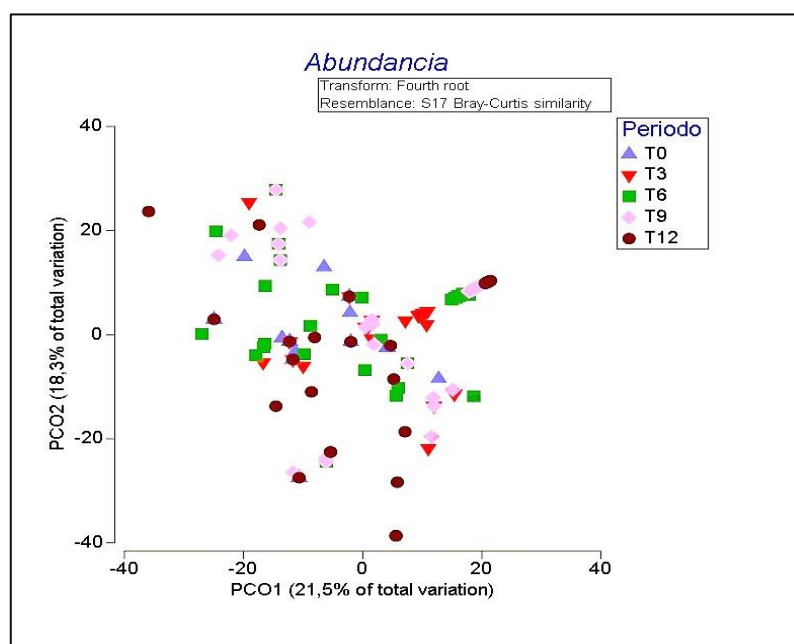
**Figura 3.2. Estructura de la comunidad de macroinvertebrados. A) Riqueza de especies durante el estudio. B) Abundancia de especies durante el estudio [González].**

### 3.2 Cambios en la estructura comunitaria macrobentónica

Antes del establecimiento de los tratamientos experimentales con las parcelas, se espera que las condiciones abióticas, la distribución y abundancia de especies uniforme en toda el área de estudio. Mediante la prueba PERMANOVA se espera registrar diferencias significativas en la abundancia de especies durante el experimento basándose en el valor p de 0,0012 del factor periodo, tal como lo muestra la **tabla 3.1** y la **figura 3.2**. Además, se espera que el análisis de componentes principales no presente una correlación entre los tratamientos de diferentes periodos de muestreo.

**Tabla 3.1** Tabla de resultados del PERMANOVA [Sánchez]

Fuente	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Periodo	4	7291,4	1822,8	2,099	0,0012
Residuo	145	1,2592*E <sup>05</sup>	868,43		
Total	149	1,3321*E <sup>05</sup>			

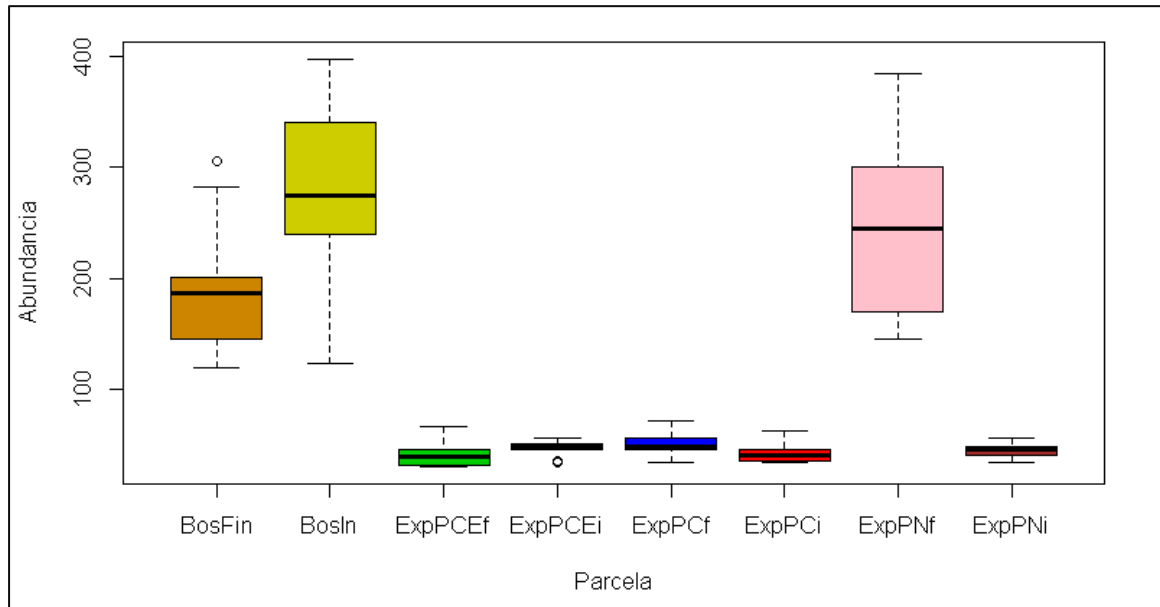


**Figura 3.3** Análisis de componentes principales [Sánchez]

Las muestras de sedimento de bosque maduro que serán recogidas al inicio T0 y al final T12 de este estudio se analizarán con la finalidad de obtener datos para compararlos con las muestras de las parcelas experimentales recolectadas de igual



manera en T0 y T12 e identificar diferencias. Los datos proyectados para este análisis según la **figura 3.4**, se espera que muestren diferencias significativas en la abundancia de especies al inicio y al final del experimento con respecto a un bosque de manglar secundario.



**Figura 3.4. Abundancia de macroinvertebrados durante el estudio. BosFin: Bosque secundario fin, BosIn: Bosque secundario inicio, ExpPCEf: Parcela de control estructural fin, ExpPCEi: Parcela de control estructural inicio, ExpPCf: Parcela de control fin, ExpPCi: Parcela de control inicio, ExpPNf: Parcela natural fin, ExpPNI: Parcela natural inicio [Sánchez]**

Según los datos proyectados, las medidas de abundancia en un bosque de manglar secundario al inicio del estudio muestran amplias diferencias significativas con todas las parcelas experimentales del estudio muestreadas al inicio. Las parcelas de control y control estructural no presentaron cambios significativos en la abundancia durante todo el periodo de estudio, mientras que la parcela natural en la que estarían sembradas las plántulas de *R. mangle* si presentaron cambios significativos con respecto a sus valores que presentó al inicio del estudio. Finalmente, la abundancia en las parcelas naturales, y el bosque secundario de manglar al final del estudio no presentó diferencias significativas.

**Tabla 3.2. Modelos lineales generalizados para determinar los cambios de riqueza y abundancia de los macroinvertebrados entre tratamientos experimentales y factores abióticos [Sánchez]**

<i>Riqueza de especies</i>		
<b>Fuente</b>	<b>Estimado</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
6 meses	0,02	0,751
12 meses	0,01	0,987
Parcela control estructural	0,11	0,851
Parcela natural	0,00	1,000
6 meses * Parcela Control estructural	1,30	0,262
12 meses * Parcela Control estructural	- 0,79	0,163
6 meses * Parcela Natural	2,99	<b>0,002</b>
12 meses * Parcela Natural	1,99	<b>0,005</b>
<i>Abundancia total</i>		
<b>Fuente</b>	<b>Estimado</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>
6 meses	0,19	0,846
12 meses	-0,11	0,661
Parcela control estructural	0,04	0,844
Parcela natural	-0,16	0,519
Altura de la marea	2,46	<b>&lt;0,002</b>
6 meses * Parcela Control estructural	0,88	0,499
12 meses * Parcela Control estructural	-0,30	0,549
6 meses * Parcela Natural	2,22	<b>0,017</b>
12 meses * Parcela Natural	1,47	<b>0,011</b>

### **3.3 Atributos de parámetros abióticos**

Los parámetros abióticos de acuerdo con los estudios realizados por Gorman y Turra (2016), influyen en la abundancia y en la riqueza de los macroinvertebrados. Este estudio se realizó en la Bahía de Araçá, una región ubicada en el sudeste de Brasil, la cual está influenciada por las 4 estaciones del año y a pesar de que no registra nevados, si registra descensos en la temperatura. Estas condiciones ambientales influyen en la dinámica de las poblaciones de los ecosistemas. Debido a esto se realizó una estimación de modelo lineal generalizado de abundancia y riqueza con respecto a factores abióticos, el cual se detalla en la **tabla 3.2**.

La **tabla 3.2** muestra los resultados de los modelos lineales generalizados que indican los cambios que la comunidad de macrobentónica mostraría durante los 6 y 12 meses de estudio en los parámetros riqueza y abundancia de especies con respecto a los tratamientos experimentales PN y PCE. Las variables con los valores  $Pr(>|t|)$  menores a 0,05, causarían un efecto significativo en los cambios de la estructura macrobentónica, debido a que en el modelo se rechaza la hipótesis de que el coeficiente "Estimate" de la variable sea 0.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente propuesta es de alta relevancia debido a que proporciona una guía que facilita un mejor entendimiento de cómo se lleva a cabo el proceso de sucesión ecológica en estos ecosistemas en una escala de tiempo corta, ratificando mediante evidencias el rol ecológico de la especie *R. mangle* y su importancia para el manglar y el estuario dentro del Golfo de Guayaquil. Además, se fomenta el monitoreo para la conservación de los manglares y el manejo sustentable de recursos destacando la extensa cantidad de servicios ecosistémicos que estos ofrecen.

La principal fortaleza de este trabajo es el fundamento teórico debido a que se hizo una investigación exhaustiva que abarca los principales temas implicados en la problemática identificada. No obstante, esto no significa que durante su ejecución se presenten dificultades que alteren el diseño de estudio planteado. La principal debilidad sería logística y movilización al momento de la realización de los muestreos que se deben realizar según lo que se detalló en la metodología.

### 4.1 Conclusiones

La proyección de la composición de la comunidad de macroinvertebrados basada en la revisión de estudios taxonómicos previos muestra que existe una dominancia de grupos: anélidos, crustáceos y moluscos. Estas proyecciones van a cambiar con el transcurso del estudio, como consecuencia de los cambios estimados en las condiciones del sedimento atrapadas por *R. mangle* en PN. Esto implica que en PCE y PC la estructura comunitaria se mantenga constante debido a la ausencia de *R. mangle*.

Con respecto a la abundancia y la riqueza de especies, se espera que al inicio del estudio los valores sean constantes en cada una de las muestras recolectadas, dado que el área no contaría con presencia de las plántulas y en consecuencia durante el transcurso del estudio se espera obtener un incremento significativo en la abundancia y riqueza de especies en el tratamiento experimental de PN debido

a la presencia de plántulas de *R. mangle*. Así mismo, se estima un ligero incremento no significativo en estos parámetros en las PCE y PC a causa del inicio de la estación lluviosa en la región y consecuente incremento de materia orgánica como consecuencia del arrastre de sedimento proveniente de cuerpos de aguas dulces continentales.

Los resultados proyectados para la abundancia y riqueza de especies implican que la reforestación de manglares deforestados provee un beneficio para las comunidades macrobentónicas presentes en el sedimento; son importantes porque permiten fomentar los proyectos encaminados a restaurar estos ecosistemas. Sin embargo, es menester que, durante la ejecución de cualquier proyecto de forestación o reforestación de manglares, se mitiguen los factores de estrés que limitan la recuperación de ecosistemas debido que estos no permiten alcanzar en su totalidad los objetivos de restauración según lo indica un estudio realizado por Pagliosa et al., (2016).

Los resultados de los modelos lineales generalizados identificaron que en la riqueza de especies las variables de PN y el tiempo del estudio posterior a los 6 meses producirían efectos significativos en los cambios de las comunidades macrobentónicas. Por otro lado, se identificó que la dinámica de mareas repercutiría significativamente en la abundancia de especies. Estos datos implican que los factores abióticos modelan las poblaciones de macroinvertebrados, ya sea mediante el cambio de las condiciones debido a la presencia de mangles o por cambios en el arrastre de sedimentos por fenómenos meteorológicos como lo demuestra el análisis PERMANOVA de los componentes principales.

En síntesis, los resultados esperados de esta propuesta de investigación mostrarían que los esfuerzos de reforestación o forestación podrían favorecer el incremento de la diversidad de la comunidad de invertebrados macrobentónicos en manglares de la región. Además, estos métodos se podrían implementar en otros ambientes costeros como una estrategia ideal para la recuperación tanto de la biodiversidad como de los servicios ecosistémicos de estos ecosistemas.

## 4.2 Recomendaciones

A pesar de que en el diseño experimental se especifica que se deben realizar 5 muestreos durante el periodo del estudio, se recomienda realizar un monitoreo periódico de los tratamientos experimentales debido a que, dependiendo de la zona de estudio, las parcelas podrían estar sujetas a riesgos ajenos a los factores ambientales como hurtos o daños, lo que alteraría significativamente el progreso del plan de restauración de la zona de manglar y la recolección de los datos.

Con base en los resultados proyectados en esta propuesta, se recomienda limitar en la medida que sea posible, los factores de estrés ambiental como: perturbación del hidropериodo, restricción de los reguladores (química del suelo), aporte de recursos (nutrientes y radiación), contaminantes en el sedimento, variación de la salinidad, bajas concentraciones de oxígeno, alto contenido de materia orgánica, etc. Además, se recomienda ampliar el periodo de estudio y monitoreo a 15 años. La razón principal es que este periodo es el que un manglar se tarda en alcanzar el clímax como un bosque secundario maduro. Adicionalmente, se recomienda realizar constantemente evaluaciones de las áreas reforestadas con otras que no sean perturbadas, estudiando estos parámetros.

# BIBLIOGRAFÍA

- Ainul, S., & Badola, R. (3 de Febrero de 2010). Valoración de los beneficios de los manglares: Contribución de los manglares a los medios de vida locales en el Área de Conservación Bhitarkanika, costa este de India. *Wetlands Ecol Manage*, 18, 321–331. doi:DOI 10.1007/s11273-009-9173-3
- Anderson, M. (Marzo de 2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26, 32–46. doi: 10.1111 / J.1442-9993.2001.01070.PP.X
- Andradi, Howe, Mace, & Knight. (28 de Enero de 2013). Do mangrove forest restoration or rehabilitation activities return biodiversity to pre-impact levels? *Environmental Evidence*, XX(2), 1-8. doi:0.1186/2047-2382-2-20
- Beasley, Fernandes, Figueira, Sampaio, Melo, & Barros. (2010). Mangrove Infauna and Sessile Epifauna. En U. Saint-Paul, & H. Schneider, *Mangrove Dynamics and Management in North Brazil* (Vol. 211, págs. 109-123). Nueva York, Estados Unidos: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-13457-9\_7
- Beitl, C., Rahimzadeh-Bajgiran, P., Bravo, M., Ortega-Pacheco, D., & Kendra, K. (2 de Enero de 2019). New valuation for defying degradation: Visualizing mangrove forest dynamics and local stewardship with remote sensing in coastal Ecuador. *Geoforum*, 98(10), 123-132. doi:https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.10.024
- Berger, Adams, Grimm, & Hildenbrandt. (17 de Agosto de 2006). Modelling secondary succession of neotropical mangroves: Causes and consequences of growth reduction in pioneer species. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 7, 243–252. doi::10.1016/j.ppees.2005.08.001
- Caicho, L. (2013). *Diagnóstico de la biocenosis de los manglares de la comuna Palmar en la provincia de Santa Elena*. Universidad De Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil: UG.
- Calderón , T. (2019). Estudio taxonómico, abundancia y distribución del Filum Annelida: Poliquetos, en el área de Puerto Bolívar, Ecuador, durante agosto de 2018. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, XXIII(1), 45-56.
- Castro , P., & Huber, M. (2003). *Marine biology* (Cuarta ed.). Pomona, California, Estados Unidos : McGraw-Hill.

- Chen, Zhao, Li, Jian, & Ren. (6 de Junio de 2016). Mangrove succession enriches the sediment microbial community in South China. *Scientific Reports*, 6(27468), 1-9. doi:10.1038/srep27468 (
- Dale, Knight, & Dwyer. (26 de Septiembre de 2014). Mangrove rehabilitation: a review focusing on ecological and institutional issues. *Wetlands Ecology and Management*, 22(6), 1-28. doi:10.1007/s11273-014-9383-1
- Dean, W. (4 de Marzo de 1974). Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition; comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Research*, 44(1), 242–248. doi:https://doi.org/10.1306/74D729D2-2B21-11D7-8648000102C1865D
- Duke, Ball , & Ellison. (1998). Factores que influyen en la biodiversidad y los gradientes de distribución en los manglares. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7(1), 27-47. doi:https://doi.org/ 10.2307/2997695
- Ellison, A. (6 de Junio de 2008). Gestión de los manglares con la biodiversidad bentónica en mente. *Journal of Sea Research*, 59, 2-15. doi:10.1016/j.seares.2007.05.003
- Ewel, Twilley, & Eong. (24 de Julio de 1998). Different kinds of mangrove forests provide different goods and services. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 83-94. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2997700> .
- FAO. (2007). *The world's mangroves 1980 - 2005*. Rome: FAO Forestry Paper 153.
- Ferreira, A., Ganade, G., & Attayde, J. (29 de Marzo de 2015). Restoration versus natural regeneration in a neotropical mangrove: Effects on plant biomass and crab communities. *Ocean & Coastal Management*, 110, 38-45. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.03.006
- Folk , R., & Ward , W. (Marzo de 1957). Brazos River Var: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sediment Petrology*, 3-26. doi:http://dx.doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D
- Gorman, D., & Turra, A. (13 de Mayo de 2016). The role of mangrove revegetation as a means of restoring macrofaunal communities along degraded coasts. *Science of the Total Environment*, 223–229. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.089
- Hajjalizadeh, P., Safaie, M., Naderloo, R., Shojaei, M., Gammal, J., Villnäs, A., & Norkko, A. (25 de Septiembre de 2020). Species Composition and Functional Traits of



- Macrofauna in Different Mangrove Habitats in the Persian Gulf. *Frontiers in Marine Science*, 7(575480), 1-16. doi:10.3389/fmars.2020.575480
- Hogarth, P. (2015). *The Biology of Mangroves and Seagrasses*. York, Yorkshire, Reino Unido: Oxford University Press.
- INAMHI. (2014). *Anuario Meteorológico Nro. 51-2011*. Gobierno de la República del Ecuador, Ministerio de Fomento. Quito: INAMHI.
- INOCAR. (26 de Noviembre de 2020). *Tabla de mareas puertos del Ecuador*. Obtenido de Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada: <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas>
- Mbense, Rajkaran, Bolosha, & Adams. (18 de Julio de 2016). Rapid colonization of degraded mangrove habitat by succulent saltmarsh. *South African Journal of Botany*, 107, 129–136. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.sajb.2016.06.011
- Neira, R., Jaime, & Cantera. (17 de Mayo de 2005). Composición taxonómica y distribución de las asociaciones de equinodermos en los ecosistemas litorales del Pacífico Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 53(LIII), 195-207.
- Pagliosa, P., Oortman, M., Rovai, A., & Soriano, E. (15 de Junio de 2016). Is mangrove planting insufficient for benthic macrofaunal recovery when environmental stress is persistent? *Ecological Engineering*(95), 290–301. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.036
- Pik, A., Dangerfield, Bramble, R., Angus, C., & Nipperess, D. (2002 de Mayo de 2002). The use of invertebrates to detect small-scale habitat heterogeneity and its application to restoration practices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 75, 179-199.
- Ruiz, M., & López, J. (2017). Colonización y supervivencia de epibiontes sésiles en substratos artificiales similares a rizóforos de *Rhizophora mangle* en la Mancha, México. *Revista de Biología Tropical*, 65(2), 745-761.
- Salmo, S., Tibbetts, I., & Duke, N. (2 de Diciembre de 2016). Colonization and shift of mollusc assemblages as a restoration indicator in planted mangroves in the Philippines. *Biodiversity and Conservation*, 26(4), 865-881. doi:DOI 10.1007/s10531-016-1276-6
- Suman, D. (2018). Mangrove Management: Challenges and Guidelines. En G. Perillo , E. Wolanski, D. Cahoon, & C. Hopkinson, *Coastal wetlands. An integrated*

*Ecosystem Approach* (Segunda ed., págs. 1055-1079). Miami, Florida, Estados Unidos: ELSEVIER. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63893-9.00031-9>

Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Museo de Historia Natural. (2014). Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces en aguas continentales del Perú). En C. Palma, & J. Arana, *Bentos (macroinvertebrados)* (Primera ed., págs. 37-43). Lima, Lima, Perú: Ministerio del ambiente .

Van Loon, Te Brake, Van Huijgevoort, & Dijkma. (23 de Marzo de 2016). Hydrological Classification, a Practical Tool for Mangrove Restoration. *Plos One*, 11(3), 1-26. doi:[10.1371/journal.pone.0150302](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150302)

# ANEXOS

## Cronograma de actividades

Plan de actividades			
Fecha de Inicio	Fecha final	Horas	Actividad
1/10/2020	1/10/2020	2	Reunión con el tutor
1/10/2020	1/10/2020	2	Elaboración de una carpeta de almacenamiento de archivos en OneDrive
1/10/2020	6/10/2020	12	Revisión bibliográfica
1/10/2020	6/10/2020	1	Adjunción de artículos, libros relacionados al proyecto
1/10/2020	6/10/2020	4	Planteamiento del título del proyecto, breve descripción de la problemática
1/10/2020	6/10/2020	4	Planteamiento de resultados esperados e impacto económico o beneficio social o ambiental del proyecto
8/10/2020	8/10/2020	2	Reunión con el tutor
9/10/2020	15/10/2020	40	Revisión Bibliográfica
12/10/2020	15/10/2020	2	Revisión del MOOC de escritura
19/10/2020	19/10/2020	4	Planteamiento de los objetivos general y específicos.
20/10/2020	20/10/2020	2	Presentación de los objetivos del proyecto
22/10/2020	22/10/2020	2	Revisión del MOOC de escritura
22/10/2020	22/10/2020	2	Reunión con el tutor
23/10/2020	23/10/2020	4	Corrección de los objetivos
23/10/2020	24/10/2020	40	Revisión Bibliográfica
24/10/2020	25/10/2020	4	Mapa de conceptos del proyecto
29/10/2020	29/10/2020	2	Reunión con el tutor
3/11/2020	3/11/2020	2	Revisión del MOOC de escritura
3/11/2020	10/11/2020	7	Redacción de la problemática y justificación
3/11/2020	10/11/2020	7	Redacción del marco teórico
10/11/2020	12/11/2020	4	Elaboración y presentación de esquema general de la metodología
12/11/2020	12/11/2020	2	Revisión del MOOC de escritura

13/11/2020	13/11/2020	2	Reunión con el tutor
15/11/2020	18/11/2020	7	Redacción de la introducción
19/11/2020	19/11/2020	2	Reunión con el tutor
19/11/2020	23/11/2020	6	Corrección del capítulo 1
19/11/2020	23/11/2020	6	Redacción del capítulo 2
19/11/2020	23/11/2020	5	Corrección de la metodología
19/11/2020	23/11/2020	4	Realización de las diapositivas del capítulo 1 y 2
23/11/2020	23/11/2020	2	Revisión del MOOC de escritura
26/11/2020	26/11/2020	2	Reunión con el tutor
27/11/2020	3/12/2020	20	Revisión Bibliográfica
3/1/2020	3/12/2020	2	Revisión del MOOC de escritura
3/12/2020	10/12/2020	7	Redacción de resultados
10/12/2020	10/12/2020	2	Reunión con el tutor
10/12/2020	14/12/2020	6	Corrección de resultados
14/12/2020	14/12/2020	2	Revisión del MOOC de escritura
17/12/2020	17/12/2020	2	Reunión con el tutor
18/11/2020	23/12/2020	20	Revisión Bibliográfica
18/12/2020	23/12/2020	8	Redacción de conclusiones y recomendaciones
5/1/2021	5/1/2021	2	Revisión del MOOC de escritura
7/1/2021	7/1/2021	2	Reunión con el tutor
8/1/2021	15/1/2021	7	Revisión del documento final
8/1/2021	15/1/2021	7	Corrección del documento final
8/1/2021	15/1/2021	4	Realización de las diapositivas
15/1/2021	15/1/2021	2	Revisión del MOOC de escritura
17/1/2021	17/1/2021	2	Reunión con el tutor

**Total**

**282**