

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
SEDE TONALÁ

**T E S I S**

Variación espacio-temporal de  
macroinvertebrados en raíces de  
*Rhizophora mangle*, del sistema lagunar “La  
Joya-Buenavista”, Chiapas, México.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

PRESENTA

**DANIEL ALEXANDER ROMERO VELASCO.**



**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y**

**ARTES DE CHIAPAS**

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

SEDE TONALÁ

# **T E S I S**

Variación espacio-temporal de  
macroinvertebrados en raíces de  
*Rhizophora mangle*, del sistema lagunar  
“La Joya-Buenavista”, Chiapas, México.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA Y  
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

PRESENTA

**DANIEL ALEXANDER ROMERO VELASCO.**

DIRECTOR

**Dr. Emilio Ismael Romero Berny**

Laboratorio Interdisciplinario de Ecología Costera

Centro de Investigaciones Costeras-Instituto de Ciencias Biológicas.

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.



TONALÁ, CHIAPAS

JUNIO DE 2024



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas  
Dirección de Servicios Escolares  
Departamento de Certificación Escolar  
Autorización de impresión



Lugar: Tonalá, Chiapas  
Fecha: 14 de junio de 2024

C. Daniel Alexander Romero Velasco

Pasante del Programa Educativo de:

Licenciatura en Biología marina y Manejo integral de cuencas

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

**VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS EN RAÍCES DE**

***Rhizophora mangle*, DEL SISTEMA LAGUNAR "LA JOYA-BUENAVISTA",**

**CHIAPAS, MÉXICO.**

En la modalidad de

**TESIS**

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

**Revisores**

Dr. Jesús Manuel López Vila

Dr. Francisco Javier Toledo Solís

Dr. Emilio Ismael Romero Berny

**Firmas:**

Ccp. Expediente.

# DEDICATORIA

## **A mis padres.**

Les dedico esta tesis con todo mi corazón a mis padres Daniel Alexander Romero Gil y Mélida Velasco Morales, por la oportunidad, por el apoyo en mi educación, por los buenos consejos que siempre me otorgaron con la intención de ser una persona fructífera en esta vida. Muchas gracias por todo, por el cariño, amor y paciencia que siempre he recibido de ustedes, siempre tendrán todo mi corazón y admiración.

## **A mis hermanos, sobrino y abuelita.**

Por todos esos momentos de felicidad que hemos compartido, en especial de aquella época cuando jugábamos y nos divertíamos mucho. A mi sobrinito Jorge que me trajo mucha felicidad cuando vino a esta vida, un niño muy juguetón y lleno de amor. A mi abuelita le doy gracias por todos los buenos momentos y cariño que me ha compartido desde pequeño, por ser mi ejemplo, de una persona trabajadora en esta vida, y de no rendirse pese a los malos ratos. Siempre tendrá todo mi cariño.

## **A mi novia.**

Eres una persona admirable para mí, nunca te das por vencida al hacer las cosas por más difíciles que sean y siempre has tenido buenos resultados en ello. Muchas gracias por todos estos momentos en lo que me has demostrado tu cariño, tu amor, por darme todos esos ánimos, y por creer en mí, en esta vida y mientras elaboraba este proyecto relativamente dificultoso. Le doy gracias a la vida por coincidir contigo, siempre tendrás todo mi amor.

## **A mis amistades.**

A todas aquellas personas que conocí mientras ejercía la carrera universitaria y en el laboratorio mientras trabajaba en mi tesis, compartimos los mejores momentos de aquella época. Aquellos tiempos de alegría y aventuras siempre los tendré conmigo. Un saludo a la sapada y a mi amiga Sheridan.

## **A Dios.**

Por darme la vida, buena salud, fortaleza y darme la oportunidad de estar con las personas y época indicada para lograr que este proyecto sea posible.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, con sede en Tonalá, una universidad pública que me dio la oportunidad de concluir mi primer nivel académico superior, dándome la oportunidad de permanecer en ella y de abrirme las puertas con su comunidad científica, que gracias a ella puede realizar esta tesis, así mismo, agradezco a todos los docentes e investigadores por brindarme sus conocimientos y experiencias.

Profundamente agradecido con el Dr. Emilio Ismael Romero Berny por darme la oportunidad de ser su estudiante en este proyecto de tesis, donde se requirió mucho de su tiempo, conocimiento, de sus consejos y financiamiento. También agradezco al laboratorio LIECO por darme ese espacio y herramientas que fue fundamental para la elaboración de esta tesis. Estoy agradecido por sus proyectos que, gracias a ello, puede ir a un congreso a Villahermosa, Tabasco, a exponer el tema de mi tesis. También agradezco a sus integrantes como Viridiana y Adriana que me apoyaron en algunos de los muestreos. A Juan Toledo por una buena amistad, los consejos y el apoyo que me compartió en estos últimos meses.

A mis sinodales como lo fue el Dr. Jesús Manuel López Vila y el Dr. Francisco Javier Toledo Solís, por tomarse el tiempo en revisar mi tesis, así como sus correcciones y sugerencias.

También estoy agradecido con mis padres Daniel Alexander y Mélida Velasco, y mi hermano menor Ángel Antonio, que me apoyaron con su presencia y esfuerzo en algunas salidas al campo.

A Elsy Gabriela Lorenzana Manuel, estoy profundamente agradecido por todos sus consejos, su apoyo en las salidas de campo y de laboratorio. Así como su conocimiento y experiencia que me brindó cuando redactaba. Gracias por estar conmigo desde el comienzo de esta etapa difícil, gracias por toda la motivación y compañía que me diste en este proyecto. También estoy agradecido por el apoyo y cariño de su mamá Elsa Manuel y de su papá Martin Lorenzana.

# Índice

|  |     |
|--|-----|
| DEDICATORIA.....   | ii  |
| AGRADECIMIENTOS .....  | iii |
| RESUMEN.....   | xi  |
| ABSTRACT.....  | xii |
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 1   |
| II. MARCO TEÓRICO .....  | 4   |
| 2.1 Generalidades de los macroinvertebrados.....   | 4   |
| 2.2 Relación de manglar con macroinvertebrados.....  | 16  |
| 2.3 Aplicación de los estudios sobre invertebrados del manglar.....  | 17  |
| 2.4 Macroinvertebrados y manglares con énfasis en Chiapas.....   | 18  |
| III. ANTECEDENTES.....   | 20  |
| IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....  | 22  |
| 4.1. Objetivo general.....   | 22  |
| 4.2. Objetivos específicos .....   | 22  |
| 4.3. Hipótesis .....   | 22  |
| V. ZONA DE ESTUDIO.....  | 23  |
| VI. MÉTODO .....   | 24  |
| 6.1 Zona de muestreo.....  | 24  |
| 6.2 Evaluación de la salinidad en el área de estudio.....  | 26  |
| 6.3 Evaluación de los macroinvertebrados adheridos a las raíces de mangle rojo ( <i>Rhizophora mangle</i> )..... | 26  |
| 6.4 Análisis de datos.....   | 29  |
| VII. RESULTADOS .....  | 31  |
| 7.1 Composición taxonómica de macroinvertebrados.....  | 31  |
| 7.2 Abundancia de macroinvertebrados.....  | 33  |
| 7.3 Riqueza.....   | 34  |
| 7.4 Diversidad.....  | 35  |
| 7.5 Equitatividad.....   | 37  |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 7.6   | Dominancia.....  | 38 |
| 7.7   | Análisis de similitud.....   | 47 |
| 7.8   | Relación entre salinidad/diámetro de raíces con la abundancia y<br>diversidad de macroinvertebrados..... | 50 |
| VIII. | DISCUSIÓN.....   | 52 |
| IX.   | CONCLUSIONES.....  | 58 |
| X.    | RECOMENDACIONES.....   | 60 |
| XI.   | REFERENCIAS.....   | 61 |
|       | ANEXOS.....  | 71 |

## Índice de Cuadros

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Posiciones geográficas de las zonas de estudios.....   | 26 |
| <b>Cuadro 2.</b> Lista de taxones y distribución temporal de macroinvertebrados adheridos en raíces de <i>R. mangle</i> dentro del sistema lagunar “La Joya-Buenavista”.<br>LI= Lluvias; S= Secas.....  | 31 |
| <b>Cuadro 3.</b> Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en la temporada de lluvia, considerando ambas localidades. ABUN (abundancia). FREC (frecuencia), ABUN % (abundancia relativa), FREC % (frecuencia relativa).....                              | 38 |
| <b>Cuadro 4.</b> Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en la temporada de secas, considerando ambas localidades. ABUN (abundancia). FREC (frecuencia), ABUN % (abundancia relativa), FREC % (frecuencia relativa).....                               | 40 |
| <b>Cuadro 5.</b> Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en la localidad de Cabeza de Toro, considerando ambas temporadas. ABUN (abundancia). FREC (frecuencia), ABUN % (abundancia relativa), FREC % (frecuencia relativa).....                       | 42 |
| <b>Cuadro 6.</b> Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en la localidad de La Barra, considerando ambas temporadas. ABUN (abundancia). FREC (frecuencia), ABUN % (abundancia relativa), FREC % (frecuencia relativa).....                             | 43 |
| <b>Cuadro 7.</b> Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en el sistema lagunar “La Joya-Buenavista”, considerando los cuatro meses de muestreo. Abun (abundancia). Frec (frecuencia), Abun % (abundancia relativa), Frec % (frecuencia relativa). .... | 45 |
| <b>Cuadro 8.</b> Comparación de los valores obtenidos de la prueba de SIMPER, por localidad (Cabeza de Toro-La Barra) y por temporada (Lluvias y Secas).....  | 49 |
| <b>Cuadro 9.</b> Valores medios del diámetro de raíces de <i>R. mangle</i> y salinidad por localidad y temporada. ....  | 50 |

**Cuadro 10.**Valores de la correlación de Spearman entre la relación de salinidad, diámetro de raíz, abundancia y diversidad, indicando el nivel de correlación entre variables. El círculo amarillo indica el valor más alto. .... 50

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Representación de la parte interna de un bivalvo (Bourne, 2006).....   | 5  |
| <b>Figura 2.</b> Bivalvos excavadores de fondos blandos. Estilos de vida infaunales, s= superficiales, p= profundos. Adaptado de Darrigran (2009).....  | 7  |
| <b>Figura 3.</b> Diagrama de un ambiente litoral marino con distintos tipos de sustratos mostrando los grupos ecomórficos de los bivalvos. <b>A)</b> epibisados; <b>B)</b> endobisados; <b>C)</b> cementates; <b>D)</b> apoyados; <b>E)</b> nadadores; <b>F)</b> excavadores superficiales; <b>G)</b> excavadores profundos; <b>H)</b> perforantes; <b>I)</b> nidificadores; <b>J)</b> tubícolas. (Camacho et al., 2008)..... | 8  |
| <b>Figura 4.</b> Características generales de un gasterópodo. <b>a)</b> vista dorsal del animal; <b>b)</b> vista ventral de una concha; <b>c)</b> tipos de opérculos. (Fisher et al.,1995).....   | 10 |
| <b>Figura 5.</b> Modificaciones del pie de un gasterópodo. <b>A)</b> masa céfalo-pedal, vista dorsal de un gasterópodo con desarrollo del propodio; <b>B)</b> natación de un gasterópodo con los parapodios. A) Hyman (1967); B) Wilbur y Yonge (1964). ..  | 11 |
| <b>Figura 6.</b> Sistemas de respiración de los gasterópodos. <b>A)</b> sistema de respiración por branquias bipectinada. Las flechas muestran la dirección de corrientes de limpieza, producidos por los cilios laterales en un filamento branquial; <b>B)</b> muestra de un gasterópodo con sistema de respiración pulmonar. A) Castellano (1994) en Camacho <i>et al.</i> , (2008); B) Mejías (2022).....                  | 13 |
| <b>Figura 7.</b> Cuerpo de un poliqueto en la región anterior-dorsal. An= antena; CT= Cirro tentacular; Pa= palpo; Pe= peristomio; Pr= prostomio. Adaptado de León González (2009).....   | 14 |
| <b>Figura 8.</b> Características de un poliqueto, visto por la región dorsal (Del Pilar et al., 2013).....  | 15 |
| <b>Figura 9. A.</b> Ubicación del sistema lagunar “La Joya-Buenavista” y zonas de muestreos “Cabeza de Toro y La Barra”, del municipio de Tonalá, Chiapas. <b>B.</b> Zona de muestreo “Cabeza de Toro” y ubicación de estacion 1 y 2 (ECT= Estacion de Cabeza de Toro). <b>C.</b> Zona de estudio de muestreo “La Barra” y ubicación de   |    |

|   |    |
|---|----|
| estacion 1 y 2 (ELB= Estacion La Barra). Google Earth Pro (2023); INEGI (2023).....   | 25 |
| <b>Figura 10.</b> Toma de salinidad con refractómetro. ....   | 26 |
| <b>Figura 11.</b> Corte y traslado de Raíces de mangle en bolsas nylon. ....  | 27 |
| <b>Figura 12.</b> Colocación de las muestras en bandejas de plásticos para desheredación de los organismos. ....  | 28 |
| <b>Figura 13.</b> Grafica de la variación espacio-temporal de la abundancia de los macroinvertebrados en temporadas de lluvias y secas en las dos zonas de muestreo.....    | 33 |
| <b>Figura 14.</b> Grafica de la variación espacio-temporal de la riqueza; se muestra el número de taxones presentes en las zonas de estudios de acuerdo a la temporada..... | 34 |
| <b>Figura 15.</b> Grafica de la variación espacio-temporal de la diversidad de acuerdo al índice de Shannon-Wiener.....   | 35 |
| <b>Figura 16.</b> Grafica de la variación espacio-temporal de la diversidad, expresada con los números de Hill.....   | 36 |
| <b>Figura 17.</b> Grafica de la variación espacio-temporal de la equitatividad presentada por el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ). ....                                 | 37 |
| <b>Figura 18.</b> Grafica del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados en la temporada de lluvias en ambos sitios de muestreo.....   | 39 |
| <b>Figura 19.</b> Grafica del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados en la temporada de secas en ambos sitios de muestreo. ....    | 41 |
| <b>Figura 20.</b> Grafica del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados en la localidad de Cabeza de Toro en ambas temporadas. ...    | 42 |
| <b>Figura 21.</b> Gráfica del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados en la localidad de La Barra en ambas temporadas. ....         | 44 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 22.</b> Grafica general del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados dentro del sistema lagunar “La Joya-Buenavista” en los cuatro meses de muestreo.....   | 46 |
| <b>Figura 23.</b> Gráfico de NMDS mostrando la ordenación de las localidades por mes de muestreo.....  | 47 |
| <b>Figura 24.</b> Dendrograma de similitud de acuerdo a las localidades y meses de muestreos.....  | 48 |
| <b>Figura 25.</b> Grafica de regresión lineal con límites de confianza de 95%, indicando la relación entre la abundancia de macroinvertebrados y el diámetro de raíces. La línea roja significa el modelo lineal; la línea azul significa el intervalo de confianza; los puntos de color negro significan la abundancia de los macroinvertebrados de acuerdo al diámetro de las raíces. .... | 51 |

## RESUMEN

Los sistemas lagunares-estuarinos se definen como cuerpos de agua litorales con comunicación permanente o efímera con el mar, destacando los ecosistemas de manglar, importantes por proveer numerosos bienes y servicios ecosistémicos y, en términos de su valor biológico, por la gran diversidad de organismos que mantienen, entre los que se encuentran los macroinvertebrados. Los macroinvertebrados son organismos con ausencia de columna vertebral, con un tamaño mayor a 500  $\mu\text{m}$ . El objetivo de este estudio fue determinar la variación espacio-temporal de los ensamblajes de macroinvertebrados asociados a raíces de mangles (*Rhizophora mangle*) en el sistema lagunar “La Joya Buena-Vista”. Para ello, se llevaron a cabo muestreos durante las temporadas de lluvias (septiembre y noviembre) y de secas (marzo y mayo, en dos zonas: Cabeza de Toro y La Barra; con presencia de bosques de *R. mangle* y con diferencias de salinidad debido a la distancia a la boca barra y la influencia fluvial. En cada zona se midieron los parámetros ambientales de salinidad, profundidad y transparencia. La recolecta de macroinvertebrados se realizó tomando cuatro raíces al azar de mangle rojo (no fijas al sustrato), a las cuales se les midió el largo total, longitud hasta la marca de agua y se calculó el diámetro promedio de las raíces. Como resultados se encontraron 63,410 organismos en Cabeza de Toro, mientras que en La Barra se registraron 2,853 organismos, presentes en ambas temporadas del año. Dentro de dichas zonas, La Barra fue la que presentó una mayor riqueza, con 22 taxones, mientras que en Cabeza de Toro se registraron 5 taxones. Cabeza de Toro presentó mayor abundancia, representada por *Balanus sp.* y *Mytella strigata*; mientras que en La Barra fueron *M. strigata*, *Saccostrea palmula* y *Striostrea prismatica*. De acuerdo a los análisis de correlación, las variables con una asociación más fuerte ( $r > 0.5$ ) fueron el Diámetro de raíces de *R. mangle* con la abundancia de macroinvertebrados ( $r = -0.61905$ ). Estos resultados aportaron evidencia acerca del efecto del manglar como hábitat clave para el grupo de macroinvertebrados e indirectamente para la provisión de servicios ambientales relacionados con las pesquerías artesanales.

**Palabras clave.** Taxones, Moluscos, Riqueza, Golfo de Tehuantepec, Epibiontes.

## ABSTRACT

Lagoon-estuarine systems are defined as coastal bodies of water with permanent or ephemeral communication with the sea, highlighting mangrove ecosystems, important for providing numerous ecosystem goods and services and, in terms of their biological value, for the great diversity of organisms they support, including macroinvertebrates. Macroinvertebrates are organisms lacking a vertebral column, with a size greater than 500  $\mu\text{m}$ . The objective of this study was to determine the spatial-temporal variation of macroinvertebrate assemblages associated with mangrove roots (*Rhizophora mangle*) in the "La Joya Buena-Vista" lagoon system. For this purpose, samplings were carried out during the rainy seasons (September and November) and dry seasons (March and May) in two zones: Cabeza de Toro and La Barra, with presence of *R. mangle* forests and differences in salinity due to distance to the bar mouth and fluvial influence. In each zone, environmental parameters of salinity, depth, and transparency were measured. Macroinvertebrates were collected by randomly selecting four red mangrove roots (not fixed to the substrate), measuring their total length, length to the water mark, and calculating the average root diameter. As a result, 63,410 organisms were found in Cabeza de Toro, while 2,853 organisms were recorded in La Barra, present in both seasons of the year. Within these zones, La Barra had the highest richness, with 22 taxa, while Cabeza de Toro recorded 5 taxa. Cabeza de Toro showed higher abundance, represented by *Balanus sp.* and *Mytella strigata*; while in La Barra, they were *M. strigata*, *Saccostrea palmula*, and *Striostrea prismatica*. According to correlation analyses, variables with a stronger association ( $r > 0.5$ ) were the Diameter of *R. mangle* roots with macroinvertebrate abundance ( $r = -0.61905$ ). These results provide evidence of the mangrove's effect as a key habitat for the macroinvertebrate group and indirectly for the provision of environmental services related to artisanal fisheries."

**Key words.** Taxa, Molluscs, Richness, Gulf de Tehuantepec, Epibionts.

# I. INTRODUCCIÓN

Los manglares son ecosistemas altamente productivos, que se desarrollan en zonas tropicales y subtropicales del mundo, adaptándose a las condiciones de salinidad e inundaciones propias de un humedal costero (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983). También, los bosques de manglares son ecosistemas costeros de gran importancia, debido a que son claves para sostener una variedad de procesos biológicos fundamentales para la reproducción, productividad primaria, así como por ser sitios de anidación y crianza para una gran diversidad de especies de macroinvertebrados y peces, algunos de los cuales son de interés comercial (Hogarth, 1999). Así mismo, representan sitios de consolidación y filtración de sedimento y nutrientes, protegen la zona costera evitando su erosión y funcionan como sumideros de carbono (FAO, 2007; Donato *et al.*, 2011).

La especie de mangle que domina a la orilla de los cuerpos de agua costeros en el Neotropico es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), la cual destaca por su complejo sistema de raíces aéreas (Ellison y Farnsworth, 1992). Estas raíces, por su forma casi cilíndrica, se proyectan hacia el sedimento y proveen de un sustrato o superficie firme, creando un ecosistema compuesto por una diversidad de macroinvertebrados, donde se establecen, reproducen y se refugian permanentemente; por lo que son especialmente importantes para sostener una elevada diversidad de gasterópodos y bivalvos, algunos de los cuales se encuentran adheridos directamente sobre las raíces de mangle rojo (Acosta-Balbás *et al.*, 2014)

Se le considera macroinvertebrados a los organismos que carecen columna vertebral, con un tamaño aproximadamente mayor a 500  $\mu\text{m}$ , muchos de los cuales pertenecen a los grupos de gasterópodos, crustáceos, bivalvos, anélidos, entre otros. Estos constituyen un componente diverso y funcionalmente heterogéneo en el flujo energético y como regulador ecológico en los ambientes acuáticos costeros (González-Medina *et al.*, 2006; Ladrera-Fernández, 2012).

Los macroinvertebrados marinos y costeros en Chiapas, representan un grupo de organismos pocas veces estudiado en esta entidad. Algunos de los estudios

realizados son los de Sevilla (1995) nos habla acerca de los Moluscos de la franja costera de Chiapas; Ríos *et al.* (2009) realizó un estudio de bivalvos y gasterópodos del Golfo de Tehuantepec; García *et al.* (2012) realiza un estudio que muestra el panorama del estado del conocimiento de los crustáceos del Pacífico sur de México; Penagos (2013) publica una guía ilustrada de moluscos marinos, gasterópodos y lamelibranquios de la costa de Chiapas; Toledo (2021) menciona la composición y distribución espacio-temporal de macroinvertebrados en la bocabarra del sistema lagunar La Joya-Buenavista, Chiapas; Bastida-Zavala y García-Madriral (2022) estudio la biodiversidad de invertebrados marinos del Pacífico sur de México; aunque ninguno de estos estudios se enfoca directamente en evaluar la composición, diversidad y abundancia de macroinvertebrados asociados a raíces de manglares.

México es un país destacado por la presencia de manglares, tanto en el litoral del Pacífico como en el Golfo de México, siendo el cuarto país en el mundo con mayor extensión de manglares. La evaluación más reciente de extensión de manglares en México estima 905,086 ha para el año 2020 (CONABIO, 2022). Particularmente, en el sistema lagunar “La Joya Buena-Vista”, Chiapas, se cuenta con una extensión aproximada de 2,531 ha de manglares para el año 2010 (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013). Las especies presentes en este dicho sistema lagunar, son el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro o madre sal (*Avicennia germinans*), mangle bicolor (*Avicennia bicolor*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Ovalle-Estrada *et al.*, 2009). Este sitio resalta por ser un sitio Ramsar en el cual se han desarrollado pocos estudios de macroinvertebrados adheridos a raíces de *R. mangle*. Debido a la relevancia de este ecosistema, y su importancia para numerosos organismos, el objetivo de este estudio fue determinar la variación espacio-temporal de los ensamblajes de macroinvertebrados asociados a raíces de mangles (*R. mangle*) en el sistema lagunar “La Joya Buena-Vista”, Chiapas, México.

A nivel nacional existen muy pocos estudios acerca de la relación entre raíces de mangle rojo con la distribución de macroinvertebrados, por esta razón se realiza

este estudio de variación espacio-temporal de macroinvertebrados adheridos a raíces de *R. mangle*; con estudio se buscó dar respuesta a la siguiente pregunta: “¿Cómo varían las comunidades de macroinvertebrados entre raíces de dos sitios de manglar y entre dos temporadas, lluvias y secas?”.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Generalidades de los macroinvertebrados.

Se nombran macroinvertebrados a los organismos carentes de columna vertebral, con un tamaño mayor a 500  $\mu\text{m}$ , entre ellos se encuentran los crustáceos, gasterópodos, bivalvos, anomuros, etc. (Ladrera-Fernández, 2012). El grupo de los macroinvertebrados marinos está formado por diferentes taxones de grupos de invertebrados que habitan en los sistemas lagunares, costas, playas y marismas. Habitan en diferentes zonas dentro de un cuerpo de agua, como en la arena, rocas, y en raíces de manglares (Suárez, 2012).

Los macroinvertebrados marinos componen cierta parte de la diversidad animal acuática y están bien representados en sistemas lagunares costeros. Dichos organismos son claves en la red trófica de estos sistemas, ya que regulan la abundancia y distribución de sus componentes alimentarios o presas, y también en tributar una fuente de alimentación para otros consumidores de la red trófica (Guinard *et al.*, 2013).

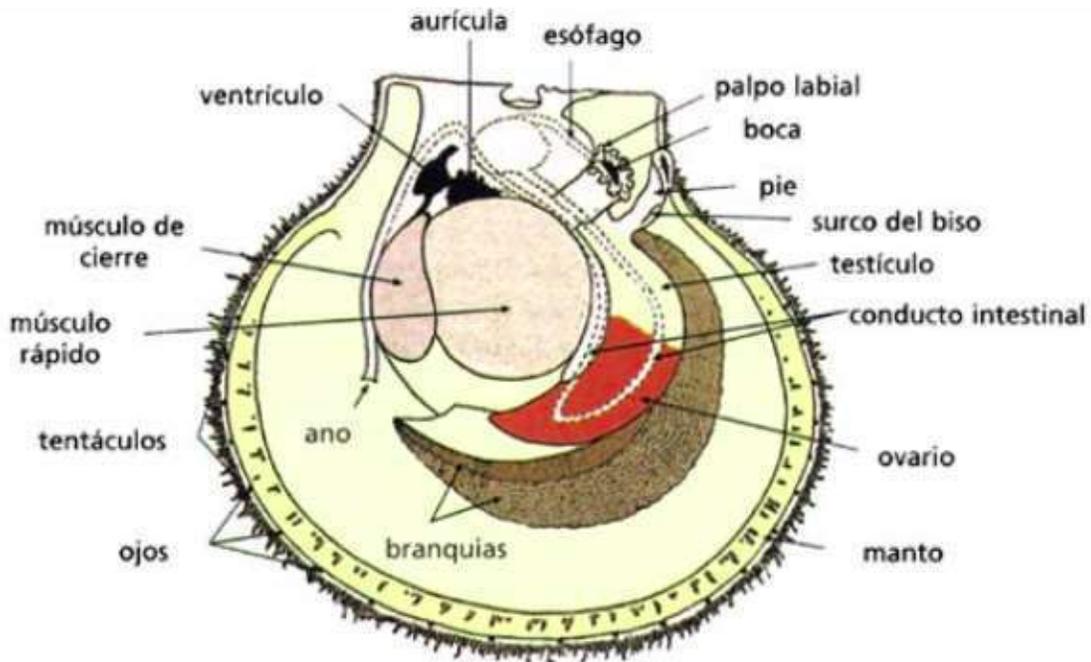
Se conoce como epifauna a los organismos que habitan en el sustrato, y puede clasificarse en los siguientes grupos:

- Sésiles. Individuos como las esponjas, corales blandos y duros, ostiones, briozoarios, etc., adheridos al sustrato como las raíces, rocas, arena, y bisados en la arena.
- Sedentarios. Son aquellos organismos que tienen un mínimo movimiento sobre el sustrato, por ejemplo, las almejas, quitones, caracoles, etc., se distribuyen en la zona arenosa, zona rocosa, en raíces de manglares, y pastos marinos.
- Pivotantes. Son aquellos individuos adheridos en superficies móviles. Un ejemplo son las anemonas, las esponjas que se adhieren a los cangrejos, etc.
- Vágiles. Son los organismos que tienen movimientos con una distribución extensa, como los crustáceos y cefalópodos (Sánchez y Ponce, 1996).

Algunos grupos de organismos que integran más frecuentemente a la epifauna son los siguientes:

### Bivalvos.

Pertencen al filo Mollusca y entre ellos se encuentran las almejas, las ostras, los mejillones, etc. (Helm y Bourne, 2006). Son organismos comprimidos lateralmente, su concha está formada por dos valvas unidas por un ligamento y dientes; tienen una cabeza no definida, no presentan ojos, tentáculos, ni mandíbula; el pie de los bivalvos se encuentra comprimido y tiene una forma de hacha (Darrigran, 2013) (Figura 1).

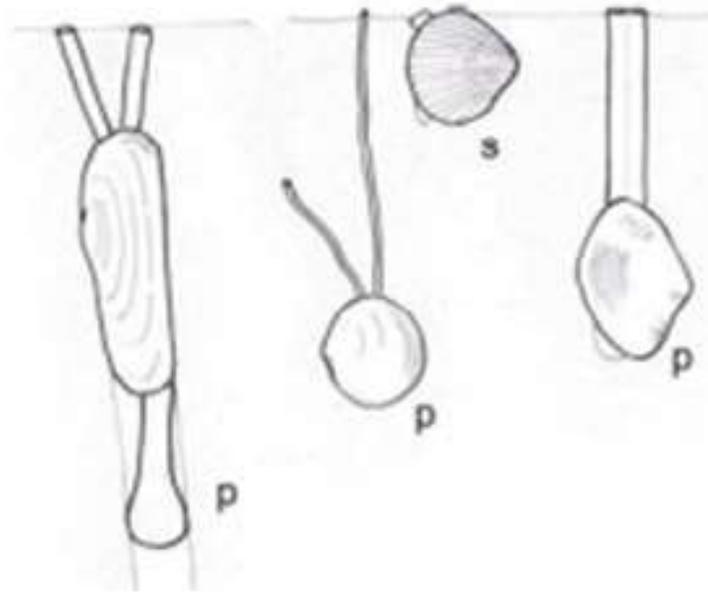


**Figura 1.** Representación de la parte interna de un bivalvo (Bourne, 2006).

Se tiene en cuenta que los bivalvos primitivos fueron excavadores de sustratos blandos, con un par de branquias bipectinadas donde la corriente entraba por un espacio de la zona posteroventral, atravesando las branquias y saliendo por una zona denominada anterodorsal; los cilios de las branquias eran los encargados de

producir esta corriente para eliminar las partículas que se encontraban adheridas en las branquias, mientras la boca estaba en el sustrato. Cuando se adaptaron a excavar y enterrarse en fondos fangosos, sobrellevó al estiramiento del cuerpo, la boca se reculó y la rádula desapareció. La respuesta de esta adaptación consistió en la aparición de un par de tentáculos, alargamiento de los laterales de la boca que están asociados a los palpos labiales; así, los tentáculos sondeaban el sustrato y las partículas se mantenían fijos a ellos debido al mucus que tienen; unos cilios transportaban estas partículas a los palpos y allí son seleccionados antes de pasar a la boca. Pero hasta hoy se conoce que los bivalvos poseen unos tubos alargados llamados “sifones” que funcionan para la captación de alimentos que se encuentran en las columnas de agua. Esta adaptación alimentaria permitió que muchos grupos de bivalvos renunciarán al sustrato para colonizar otros medios (Darrigran *et al.*, 2013; Méndez, 2014; Varela, 2020). Así que se conocen estos tipos de bivalvos:

Excavadores de fondos blandos. Estos organismos tienen la habilidad de vivir varios centímetros por debajo del sustrato, entre ellos se encuentran las almejas (Figura 2). Esto se debe a una técnica de excavación, la concha se fija al sustrato, adhiriéndose por ornamentaciones como espinas, a la vez que el pie se estira para penetrar el sustrato, y así, anclarse (Desai *et al.*, 2020).



**Figura 2.** Bivalvos excavadores de fondos blandos. Estilos de vida infaunales, s= superficiales, p= profundos. Adaptado de Darrigran (2009).

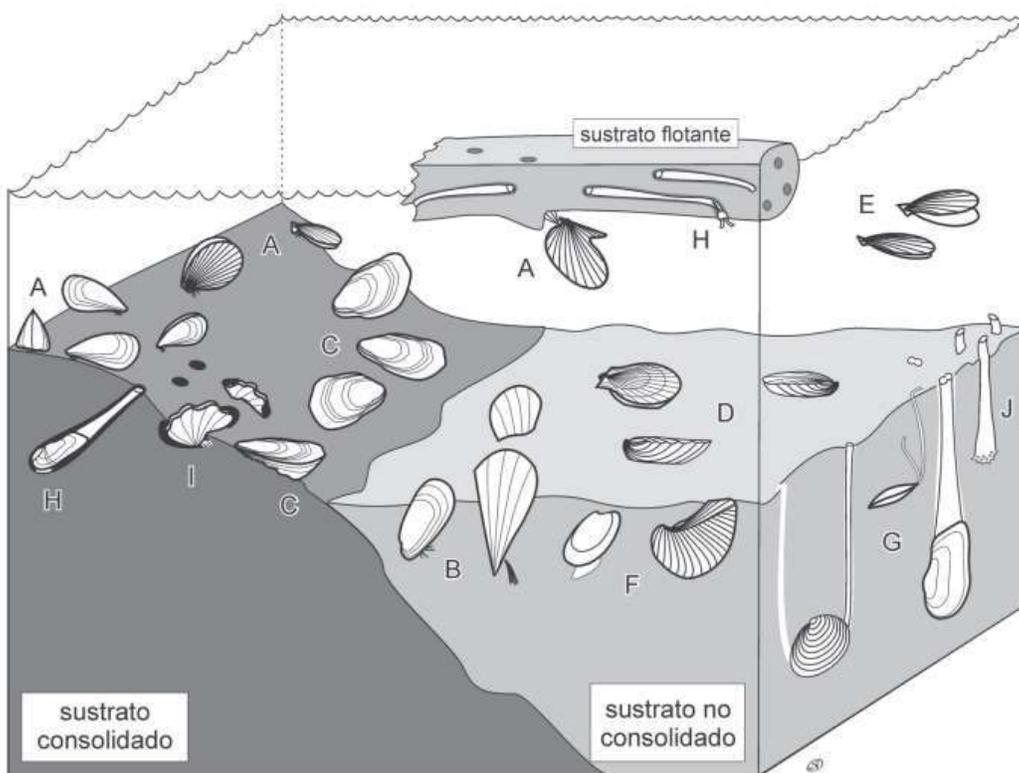
**Bisados.** Este medio incluye a los bivalvos que se fijan al sustrato por el biso, teniendo esta forma de fijación a lo largo de su vida. Se sitúan en sustratos elevados y firmes como en algas, ramas de corales, raíces de mangle etc. (Figura 3 A, B).

**Cementantes.** Son aquellos grupos que se fijan al sustrato duro por un proceso de cementación a través de la secreción de carbonato de calcio. Por este mecanismo los organismos viven por el resto o una parte de sus vidas; habitando en la plataforma submarina, en una mínima profundidad, donde prevalecen la alta energía y buena iluminación, como lo son las rocas y raíces de manglares (Figura 3 C), un ejemplo claro son las ostras (Castillo-Rodríguez, 2014).

**Apyados.** Una parte de los bivalvos epifaunales libres viven apoyados sobre el sustrato sin tener la necesidad de anclarse por medio del biso o cementarse, excepto, en ocasiones de la etapa juvenil (Figura 3 D). Esta estrategia está bien adoptada en la súperfamilia Pectinoidea, algunos ejemplares de la Limoidae y representantes de otros grupos que normalmente son infaunales. Sus hábitats son

muy relativos en cuanto a la selección de la profundidad, flujo de energía, y naturaleza del sustrato (Zelaya y Güller, 2014).

Nadadores intermitentes. Algunos ejemplares de bivalvos tienen la habilidad de permanecer un determinado tiempo en una columna o masa de agua mediante movimientos natatorios que realizan cerrando bruscamente sus valvas y arrojando agua a presión a través de aberturas dorso-laterales ubicadas por debajo de las aurículas, resultado una “propulsión de agua”, permitiendo el desplazamiento del organismo; por ejemplo, la familia Pectinoidea (Figura 3 E). Los mejores nadadores presentan una superficie lisa, aunque a veces presentan costillas internas para darle fortaleza a la concha, por ejemplo, el género *Amusium* (Camacho *et al.*, 2008).

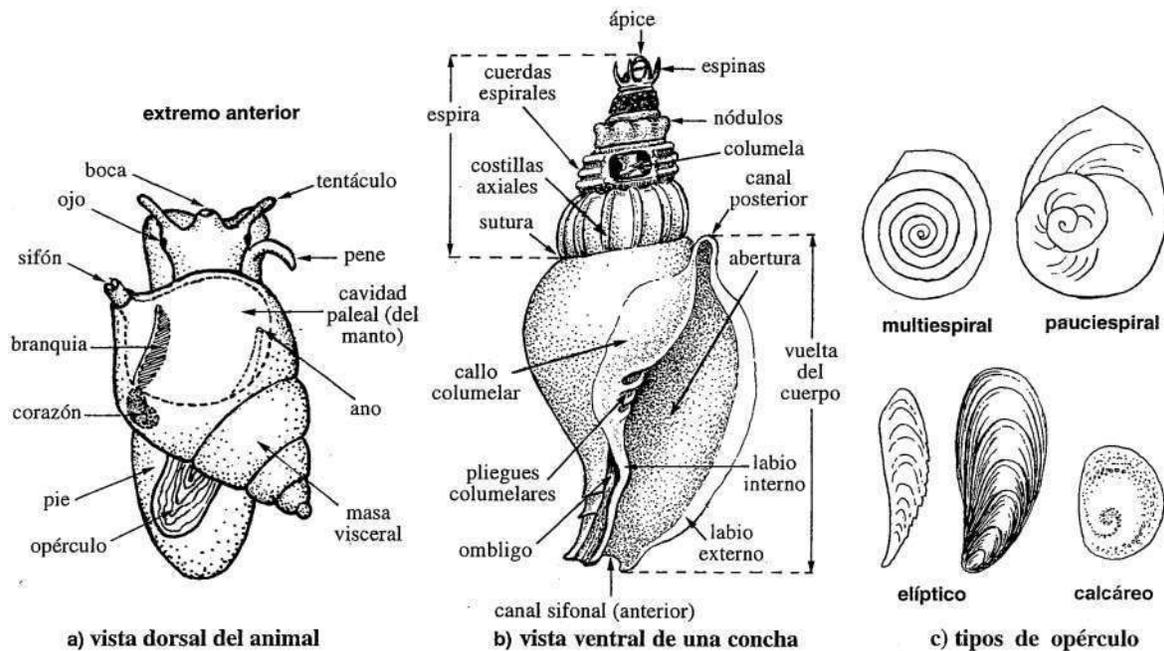


**Figura 3.** Diagrama de un ambiente litoral marino con distintos tipos de sustratos mostrando los grupos ecomórficos de los bivalvos. **A)** epibisados; **B)** endobisados; **C)** cementates; **D)** apoyados; **E)** nadadores; **F)** excavadores superficiales; **G)** excavadores profundos; **H)** perforantes; **I)** nidificadores; **J)** tubícolas. (Camacho *et al.*, 2008).

## Gasterópodos.

Forman parte de la mayor diversidad del grupo animal, después de los artrópodos con un total de 82,000 especies descritas. La clase gasterópoda es de las más diversas dentro de este grupo con unas 50,000 especies representado a los ambientes marinos, dulceacuícolas y terrestres (Grillet *et al.*, 2016).

La mayoría de los gasterópodos adultos son organismos bilateralmente asimétricos con características comunes, por ejemplo, tienen una cabeza bien desarrollada con ojos y una cantidad relativa de tentáculos; un pie musculoso con una superficie ventral formando una sula plana y rastrera; presenta una rádula que sirve para la adquisición de alimentos; y por último se observa una conchilla o caparazón en forma de espiral, con un manto recubriendo su último verticilo (Figura 4 A, B). El caparazón brinda protección al extremo posterior del animal y con ellos varios órganos internos que se ensamblan en la joroba visceral dorsal. Muchos gasterópodos acuáticos (y una que otras terrestres) llevan un opérculo duro adherido a la superficie dorsal, posterior del pie, que cierra la abertura cuando el organismo se retrae dentro de la concha. Por otro lado, las babosas marinas no tienen caparazón o solo tienen una capa muy reducida; otro ejemplo de estas excepciones con que algunos pterópodos presentan un pie desarrollado que no lo utiliza para arrastrarse, sino se utiliza para nadar dentro de la columna de agua (Camacho-García *et al.*, 2005; Voronezhskaya y Croll, 2015).



**Figura 4.** Características generales de un gasterópodo. **a)** vista dorsal del animal; **b)** vista ventral de una concha; **c)** tipos de opérculos. (Fisher et al., 1995).

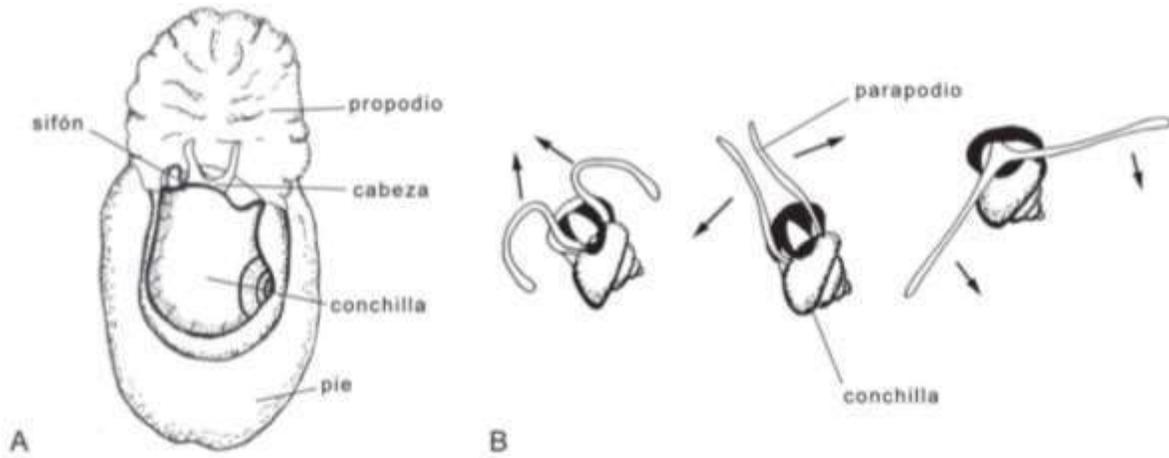
Las características que definen a esta clase son:

**Torsión.** Consiste en un giro de 180° del conjunto de masa visceral y la concha con respecto al eje de la masa céfalo-pedal. Este movimiento se ejecuta en sentido opuesto de las manecillas del reloj, permitiendo al apéndice de la conchilla se localice en la parte posterior del caracol.

**Opérculo.** Es una estructura planoespiral, por lo regular de composición cornea, en ocasiones la composición es de calcio, separada por una glándula o un órgano especial del pie (Figura 4 A). El opérculo es una estructura muy importante para el desarrollo de la larva plantónica. En los opérculos multiespirales, las líneas de espirales de crecimiento se ubican poco distribuida, mientras que en los pauciespirales están más distanciadas entre ellos (Figura 4 C) (Castillo-Rodríguez, 2014).

**Masa céfalo-pedal.** El pie del organismo está formado por una masa muscular aplanada de base ciliada y presenta un extenso número de glándulas pedales secretoras con una viscosidad mucosa que utiliza el organismo para deslizarse de

un lugar a otro en el sustrato. De acuerdo a la adaptación de este organismo, el pie puede realizar movimientos de reptación, natación excavación o perforaciones al sustrato.



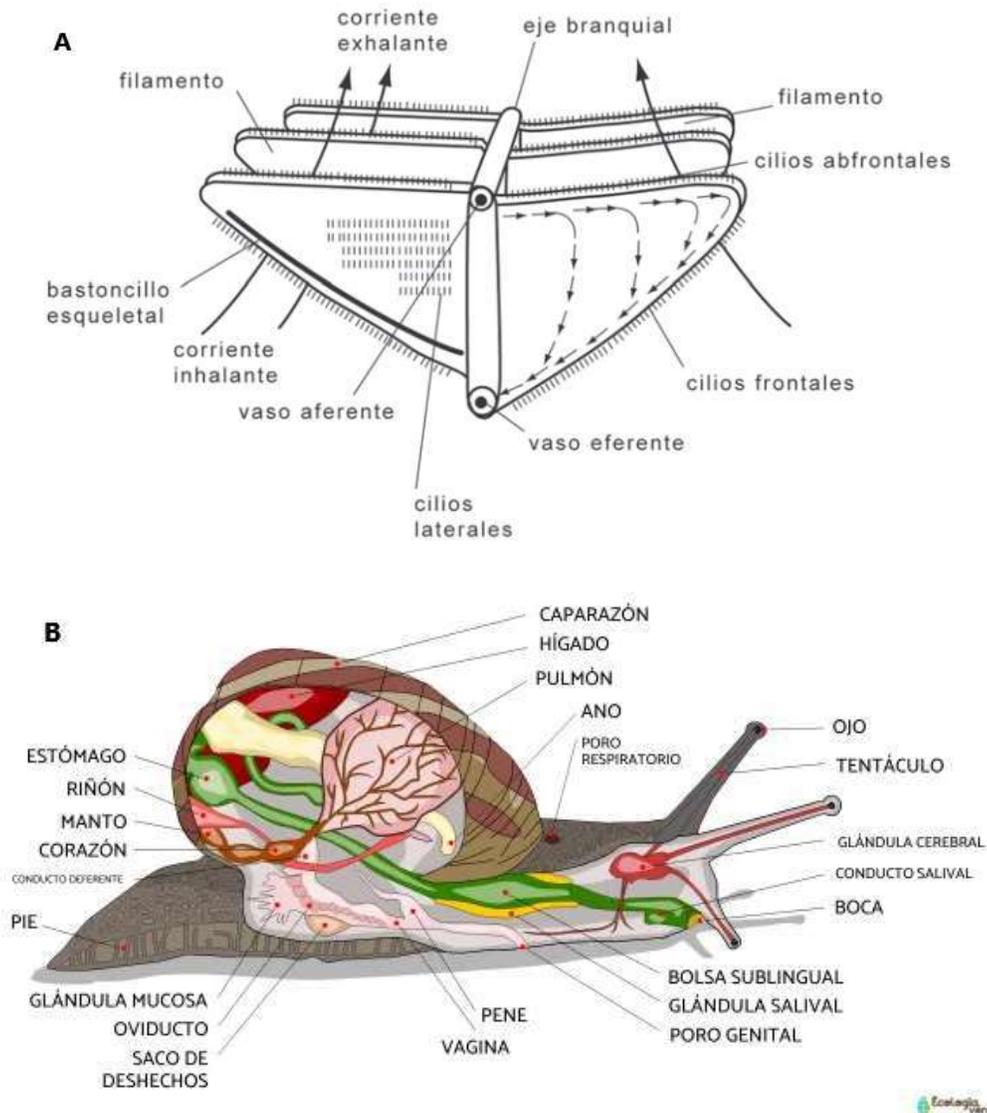
**Figura 5.** Modificaciones del pie de un gasterópodo. **A)** masa céfalo-pedal, vista dorsal de un gasterópodo con desarrollo del propodio; **B)** natación de un gasterópodo con los parapodios. A) Hyman (1967); B) Wilbur y Yonge (1964).

Órganos sensoriales. Comúnmente estos órganos son estructuras quimiorreceptoras que dirigen una gran parte de su comportamiento. Estos pueden ser externos como, los ojos, tentáculos cefálicos, órganos sensoriales o internos, como las bursículas, el osfradio, el órgano subradular y los estatocistos (Figura 4 A). Esto mismo sirve para el reconocimiento y localización de los alimentos, a su vez, la detección de sus predadores u organismos de su misma especie, con la finalidad de reproducción. Por lo general estas estructuras se localizan en la masa céfalo-pedal (Urgorri *et al.*, 2017).

Sistema digestivo. En los gastrópodos más primitivos, la digestión es extracelular e intracelular. La primera se realiza en el estómago, gracias a las enzimas producidas por las glándulas salivales, las bolsas esofágicas y la glándula digestiva. Esta última se ejecuta la absorción almacenamiento y excreción (Camacho y Del Rio, 2008).

Sistema respiratorio. La respiración se ejecuta por medio de las branquias o ctenidios, y en la decepción de los terrestres utilizan un pulmón o cavidad pulmonar

(Figura 6). En algunos pulmonados acuáticos, el pulmón cohabita con branquias secundarias funcionales. Las branquias están formadas por una membrana fija a la cavidad del manto por un eje branquial. La superficie de los filamentos se encuentra cubierta por cilios; los que perciben la corriente inhalante, se llaman frontales, mientras que del lado opuesto se le denomina abfrontales (Strong *et al.*, 2008).



**Figura 6.** Sistemas de respiración de los gasterópodos. **A)** sistema de respiración por branquias bipectinada. Las flechas muestran la dirección de corrientes de limpieza, producidos por los cilios laterales en un filamento branquial; **B)** muestra de un gasterópodo con sistema de respiración pulmonar. A) Castellano (1994) en Camacho *et al.*, (2008); B) Mejías (2022).

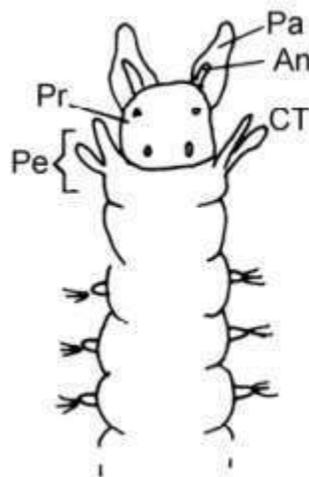
### Poliquetos.

Los poliquetos son un grupo diverso, de muchas formas, colores y tamaños. Dentro de los invertebrados son de los más abundantes, presentándose en casi todos los ambientes marinos desde cientos de metros sobre el nivel del mar, así como en

ambientes estuarinos y como en grandes profundidades oceánicas. La mayoría de ellos tienen una vida marina y bentónica, pero alrededor de 10 familias pertenecen al plancton (Harris *et al.*, 2009).

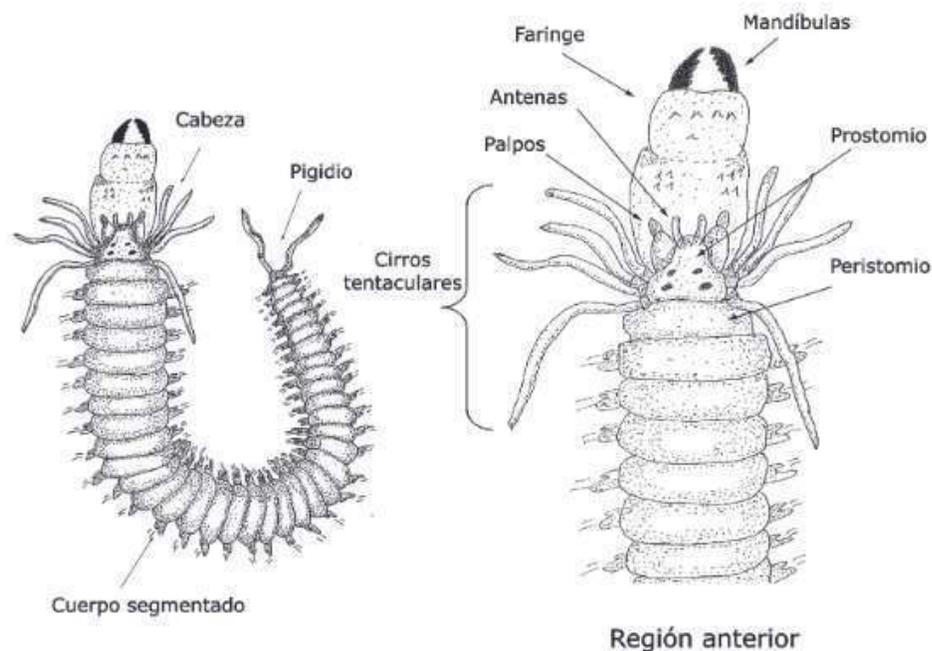
El cuerpo de estos gusanos se encuentra dividido en segmentos llamados quetas, presentando un par de parápodos, que funcionan o se presentan como las patas. Estas son formaciones quitinosas que le facilitan el desplazamiento ya sea como natación o anclaje (Risque, 2021). También presentan 2 variantes básicas; una donde los segmentos tienen la misma similitud, conocidos como homómeros, mientras que, en la otra, los segmentos pueden diferenciarse en 2 o más regiones (heterómeros) (Royo *et al.*, 2009). Por otro lado, también se encuentra una división de los cuerpos de poliquetos en tres regiones básicas:

En la cabeza se encuentran los primeros segmentos como el prostomio y el peristonio (Figura 7 y 8); es fundamental considerar estas características para identificarlos taxonómicamente. Por otro lado, están los apéndices sensoriales (como los ojos, antenas y palpos) y los apéndices de alimentación están localizados en el prostomio, cuando la boca y los cirros tentaculares se ubican en el peristonio (Tovar-Hernández *et al.*, 2014).



**Figura 7.** Cuerpo de un poliqueto en la región anterior-dorsal. An= antena; CT= Cirro tentacular; Pa= palpo; Pe= peristonio; Pr= prostomio. Adaptado de León Gonzáles (2009).

El tronco. También se le conoce como cuerpo segmentado y se distingue por una serie de segmentos, que son similares entre estos. Este tipo de segmentación se conoce como metamerización. Cada segmento está separado por segmentos adyacentes por tabiques, presentando expansiones laterales nombrados podios. En cada podio se observan dos partes; la formada por la ampliación del tegumento, junto a los músculos, nervios, etc.; denominada parapodio y la que es constituida por un conjunto de finas cerdas quitinosas o sedas; es denominada quetopodio. Los parapodios pueden ser unirrameos o birrameos y estos están constituidos por dos lóbulos: uno dorsal nombrado notopodio y neuropodio.



**Figura 8.** Características de un poliqueto, visto por la región dorsal (Del Pilar et al., 2013).

El pigidio. Es la tercera región postsegmentada que se encuentra en el extremo posterior del cuerpo (Figura 8). Por lo mismo que el extremo anterior, es una zona o región no segmentada. Se pueden observar cirros anales, nombrados urtitos (Del Pilar *et al.*, 2013).

## Crustáceos.

Los crustáceos son grupos muy diversos, abarcando organismos móviles como las langostas, los cangrejos, cochinillas, entre otras, pero también incluyendo a organismos inmóviles como son los percebes o los balanos (Álvarez *et al.*, 2014). Las características más notables de los crustáceos es que poseen un caparazón que protege todo el cuerpo, integrado por quitina impregnada con sales de calcio, haciéndolo con una textura rígida; por lo cual el organismo presenta una etapa de muda de acuerdo a su crecimiento (Boshi, 2016).

Este grupo de organismos varía mucho en su diseño anatómico, como ejemplo los balanos. Su tamaño varía de 1 mm a 4mm de longitud aproximadamente, como los cangrejos, camarones, etc. El número de formas presentes, se distingue por características comunes que resalten del resto de los artrópodos. La pluralidad de estrategias y adaptación de vida les ha permitido adaptarse a los cambios del ambiente marino, dulceacuícola y terrestre. Los crustáceos pueden ser detritívoros, omnívoros, herbívoros, carnívoros, carroñeros y parásitos (Simoes *et al.*, 2010).

### **2.2 Relación del manglar con macroinvertebrados.**

Los ecosistemas de manglar se destacan por los bienes y servicios ecosistémicos y, en términos de su valor biológico, por la gran diversidad de especies que pueden albergar (Jonsson, *et al.*, 2001). Los manglares son zonas de crianza y alimentación de muchos organismos de macroinvertebrados, entre ellas son los bivalvos, crustáceos, gasterópodos, etc. (Virnstein, 1977 citado en Félix-Pico *et al.*, 1993). Dentro de este grupo hay una gran variedad de especies sésiles y sedentarios asociados a las raíces de manglares; lo que conlleva a profundizar los estudios taxonómicos de este grupo, debido a que los resultados de estos organismos funcionan como un buen parámetro indicador del ecosistema, considerando que proporcionan información de las condiciones ambientales del hábitat al que pertenecen; tanto como la presencia, la ausencia y la abundancia de estos. El monitoreo de las zonas de manglar, permiten establecer con el tiempo comparaciones de datos para ejecutar cualquier acción de manejo o investigación (Acosta *et al.*, 2014).

### **2.3 Aplicación de los estudios sobre invertebrados del manglar.**

Bioindicadores y calidad de agua.

Los indicadores biológicos o bioindicadores, brindan información del estado instantáneo y tiempo antes de la recolección de muestras, es decir, como tener información de lo que sucedió en el presente y pasado del sistema acuático. En general los medios más estables están más diversificados, debido a que las especies intolerantes desaparecen o disminuye su población, mientras que las especies tolerantes incrementan el número de organismos. Debido a este acontecimiento, las medidas de diversidad se han utilizado para determinar la calidad de agua y considerar la contaminación (Alba-Tercedor y Sánchez, 1988; Lozano, 2005).

Los bioindicadores son el conjunto de especies que requiere características particulares como variables físicas y químicas para el desarrollo de las especies en un medio acuático. Tal que estas variaciones indiquen las curvas del óptimo ecológico o que altere la presencia de estas especies dentro de medio acuático. Por otro lado, las comunidades de macroinvertebrados son los mejores bioindicadores para evaluar la contaminación acuática, porque su presencia es muy abundante, y se encuentran en ecosistemas marinos, salobres y dulceacuícolas, en aguas dulces y su monitoreo o recolección es simple y de bajo costo (Gamboa *et al.*, 2008; Prat *et al.*, 2008).

Otra razón por la que los macroinvertebrados han funcionado como herramienta para determinar la calidad del agua, ha sido por su taxonomía que es simple, son organismos con gran abundancia y diversidad, los materiales y métodos para su recolecta son fáciles de emplear, debido a que su recolecta está estandarizada, además responden a agentes contaminantes, permitiendo el diagnóstico de la calidad y el estado de conservación del ecosistema acuático donde habitan (Roldan, 1999).

## 2.4 Macroinvertebrados y manglares con énfasis en Chiapas.

Los organismos que se encuentran en ambientes marino-costeros, requieren de adaptaciones específicas para desarrollar su ciclo de vida. El agua marina es un medio distinto al de agua dulce o de tierra firme. Pocas especies de macroinvertebrados son capaces de transitar de zonas de agua dulce a marinas, debido a limitaciones fisiológicas relacionadas con la capacidad de osmoregulación. En este caso los organismos que habitan en estuarios y en zonas de manglar, estos han pasado por una serie de adaptaciones ecofisiológicas que les han permitido tener éxito colonizando estos ambientes (Hanson *et al.*, 2010).

En ecosistemas de manglar en el Neotropico, algunas de las especies de macroinvertebrados más frecuentes asociadas al mangle rojo (*Rhizophora mangle*) son: *Aiptasia tagetes*, *Neritina virgínea*, *Littorina angulifera*, *Pyrgophorus sp.*, *Pyrgophorus parvulus*, *Thais trinitatensis*, *Brachidontes sp.*, *Brachidontes dominguensis*, *Crassostrea rhizophora*, *Mytilopsis sallei*, *Polymesoda artacta*, *Bankia fimbriatula*, *Nereis sp.*, *Nereis neanthes succinea*, *Chthamalus sp.*, *Balanus amphitrite niveus*, *Tanaidaceo*, *Corophium sp.*, *Sphaeroma sp.*, *Sphaeroma sp.*, *Ligia sp.*, *Macrobrachium acanthurus*, *Callinectes sapidus*, *Callinectes bocourti*, *Eurypanopeus sp.*, *Neopanopeus sp.*, *Aratus pissonii*, *Pachygrapsus gracilis*, *Isognomon*, *Hydrobia*, *Martesia*, *Panopeus*, *Alpheidae*, *Rhyscotus*, *Americorophium*, *Gammarus*, *Melita*, *Paracaprella*, *Deutella*, *Perinereis*, *Namalycastis*, *Nicon*, *Marphysa*, *Caulleriella*, *Chone*, *Cyrnellus*, *Chironomus*, *Goeldichironomus*, *Dicrotendipes*, *Dasyhelea*, *Aiptasia*, *Ircinia* (García y Palacio, 2007; Quijano-Tristancho, 2009).

La biodiversidad de los macroinvertebrados bentónicos en sistemas lagunares costeros de Chiapas ha sido muy poco estudiada (Cortez-Guzmán, 2019). Se identificaron alrededor de 33 taxones en el sistema lagunar “La Joya-Buena Vista”, Chiapas, estos organismos pertenecen a los siguientes taxones: *Crassostrea corteziensis*, Infraclase Cirripedia, *Mytella strigata*, *Cerithium stercusmuscarum*, *Clibanarius panamensis*, Familia Nereididae, Familia Polynoidae, *Olivella sp.*, *Thais biserialis*, *Nassarius luteostoma*, *Cerithidea mazatlanica*, *Melongena patula*,

*Callinectes arcuatus*, *Aplysia californica*, *Littoraria varia*, Familia Pinnotheridae, *Nerita funiculata*, *Fasciolaria sp.*, *Crepidula striolata*, *Anthopleura sp.*, *Goniopsis pulchra*, Familia Cancridae, *Chione subrugosa*, *Cymatium wiegmanni*, *Aurelia aurita*, *Penaeus brevirostris*, *Callianassa sp.*, *Chiton sp.*, *Echinometra vanbrunti*, *Cardisoma crassum*, *Calappa convexa*, Clase Demospongiae, Familia Xanthidae, Familia Alpheidae, *Holothuria fuscocinerea* (Toledo, 2021).

Los manglares crecen en las planicies costeras de los trópicos y subtropicos, primordialmente alrededor de lagunas costeras, y esteros; con una cercanía a las desembocaduras de ríos y arroyos (Carvajal-Oses *et al.*, 2019). Este ambiente es una zona de transición entre los ecosistemas terrestres y marinos; teniendo una relación con los manglares, permitiendo la abundancia de especies que viven y dependen de los manglares. En México los humedales son ecosistemas importantes. Entre ellos se distinguen por la riqueza natural y los servicios ambientales ofrecen al ambiente (Díaz-Gaxiola, 2011).

Los países con mayor superficie de este ecosistema son México, Indonesia, Brasil, Nigeria, Australia y Malasia, estos países juntos albergan alrededor del 50% de la superficie mundial de manglares. México solo representa el 5% del total mundial, encontrándose en el 4to lugar (de los 125 países que presentan estas superficies), por abajo de indonesia con 31,894 Km<sup>2</sup>, Brasil con 13,000 Km<sup>2</sup>, Australia con 9,910 Km<sup>2</sup> y México con alrededor de 9,394 Km<sup>2</sup>, (Rodríguez-Zúñiga, 2013; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2016; Onyena y Sam, 2020).

En el litoral, del estado de Chiapas, el manglar tiene una representación de 415 km<sup>2</sup>, considerado de los mejores manglares que hay en el Pacífico mexicano (Santamaría, 2013). Las especies de manglares que se distribuyen en el litoral de este mismo estado son: Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle negro (*Avicennia germinans*), Mangle Blanco (*Laguncularia racemosa*) y Mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (López y Ezcurra, 2002; Velázquez-Pérez *et al.*, 2019).

### III. ANTECEDENTES

A nivel mundial, geográficamente no todos los países y regiones presentan ecosistemas de manglares en sus sistemas hídricos costeros, debido al tipo de ambientes en que estrictamente se desarrollan los manglares; estos ecosistemas se presentan en los continentes de América, África, Asia y Oceanía, en la franja tropical e intertropical, y en muy pocos países de estos continentes se han realizado estudios de la asociación de macroinvertebrados adheridos a raíces de *Rhizophora mangle*; entre estos estudios resaltan las investigaciones de:

García y Palacio (2007) y Quijano-Tristancho (2009) dentro de sus estudios reportan 52 taxones de macroinvertebrados para el Caribe colombiano.

Por otra parte, en el Golfo de Bengala, costa sureste de la India, Satheesh y Basheer (2013) identificaron 76 especies de macroinvertebrados bentónicos asociados al manglar.

Acosta *et al.* (2014) estudió la estructura comunitaria de bivalvos y gasterópodos en raíces de mangle rojo (*R. mangle*), atribuyendo 58 especies en el Atlántico venezolano.

Ibrahim *et al.* (2015) registraron alrededor de 122 especies de macroinvertebrados en un ecosistema de manglares en el Golfo de Suez, al sur de Sinaí, Egipto.

Ma *et al.* (2018) identificaron 17 especies de moluscos en los humedales de manglares, en la costa oeste de la isla de Hainan, China.

Baderan *et al.* (2019) reportaron la abundancia y diversidad de moluscos en el ecosistema de manglares, describiendo 24 especies distribuidas en la costa de Sulawesi, Indonesia.

La república mexicana no ha sido la excepción para llevar a cabo dichos estudios, acerca de la diversidad de macroinvertebrados asociados a las raíces *R. mangle*, llevándolos a cabo en los diferentes sistemas de manglares en ambas costas del país. Destacan estudios importantes como lo son los trabajos de Ríos-Jara *et al.* (2009), quienes identificaron 159 especies de bivalvos y gasterópodos dentro del

Golfo de Tehuantepec; Díaz (2012) encontró 258 especies de macroinvertebrados asociados al ecosistema de manglar en Sinaloa; los investigadores Ruiz y López-Portillo (2014) identificaron 28 especies de macroinvertebrados sustentantes en raíces de mangle rojo en la laguna costera La Mancha, Veracruz; por último, Félix-Pico *et al.* (2015) desarrollaron un estudio de productividad secundaria de moluscos en esteros de manglar de Ensenada de La Paz, Baja California Sur.

El estado de Chiapas, es una de las entidades de la república que presenta ecosistemas de manglares en todo su litoral, y a lo largo de los años se han realizado múltiples estudios acerca de los macroinvertebrados y relaciones con *R. mangle* dentro de sus sistemas lagunares y costeros. Estudios importantes como de Sevilla (1995) que describe a los moluscos que se encuentran en la franja costera de Chiapas, a 152 especies de moluscos; Ríos-Jara *et al.* (2009) identificó 159 especies de bivalvos y gasterópodos en el Golfo de Tehuantepec, perteneciente a un número de ambientes costeros de Chiapas y parte de Oaxaca; otros estudios como los de Penagos *et al.*, (2013), identificando 5 especies de ostiones con valor económico para las pesquerías en Puerto Chiapas; la guía ilustrada de Penagos (2013) reportó 140 especies de macroinvertebrados marinos en la costa de Chiapas. Por último, uno de los trabajos más recientes es de Toledo (2021) nos muestra la composición y distribución de macroinvertebrados en la bocanera del sistema lagunar La Joya-Buenavista, Chiapas.

## IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 4.1. Objetivo general

Determinar la variación espacio-temporal de los ensamblajes de macroinvertebrados asociados a raíces de mangles (*Rhizophora mangle*) en el sistema lagunar “La Joya Buenavista”.

### 4.2. Objetivos específicos

Determinar la composición de los macroinvertebrados asociados a las raíces de manglares durante las temporadas de lluvias y secas.

Describir la variación espacio-temporal de la riqueza, abundancia, valor de importancia y diversidad de los macroinvertebrados en raíces de manglares.

Analizar la influencia de salinidad y diámetro de las raíces sobre los ensamblajes de macroinvertebrados asociados a raíces de manglares.

### 4.3. Hipótesis

La temporalidad está determinada en esta región por un régimen de lluvias y secas, y se espera encontrar una mayor riqueza, abundancia y diversidad de macroinvertebrados en los meses de secas (marzo y mayo), debido a la influencia de salinidad en el sistema lagunar.

El espacio es un limitante geográfico, donde se espera encontrar una mayor riqueza, abundancia y diversidad de macroinvertebrados en la zona de la bocabarra con respecto a la zona de cabeza de toro, esto se debe por las condiciones de salinidad debido a la mayor cercanía con el mar.

Las raíces aéreas de *R. mangle* representan un hábitat y sustrato para el establecimiento de macroinvertebrados, por lo tanto, se espera que un mayor diámetro basal de las raíces favorezca una mayor abundancia y diversidad de especies.

## V. ZONA DE ESTUDIO

El sistema lagunar La Joya-Buenavista se localiza en las coordenadas 15°55'10.02"N-93°41'57.43"O, a una altura de 10 msnm, con una extensión de 19,910.54 Ha (Figura 9). Se ubica en la región Istmo-Costa, en el municipio de Tonalá, Chiapas, al suroeste de la república mexicana, interactuando con el océano Pacífico por medio de una barra arenosa. Este sistema se compone de diversos cuerpos de agua como Pampita, Laguna La Joya, Laguna La Pampa, Laguna Buenavista, Laguna Las Conchas y Laguna Santa Rosa; y un estero conocido como "El Esterón". Tiene como conexiones afluentes con el río Pedregal, con un régimen hídrico permanente, que nace en la Sierra Madre de Chiapas, al norte de la comunidad de Tres Picos, a una altitud de 600 msnm aproximadamente, la salinidad es variable de acuerdo a la estación climática (Contreras, 1988; Romero-Berny *et al.*, 2018; Galicia-García *et al.*, 2019).

En la región del sistema lagunar se presenta un clima cálido, con una precipitación anual mínima de 1,354-3,051mm y máxima de 5,163.7 mm, con una temperatura promedio de 28.3°C. y un ciclo anual de meses de lluvias (jun-oct) y meses de secas (nov-may) (Contreras-Espinoza y Zebalegui-Medina, 1991).

La flora y fauna está formada por bosques de manglares presente alrededor del sistema lagunar como especies de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*); presentando un principal cuartel migratorio para patos y aves playeras, como colonias de anidación de *Casmerodius albus* y colonias de anidación en Playa de Sol de especies como *Jacana spinosa*, *Cochlearius cochlearius*, *Egretta caerulea*, *Pitangus sulphuratus* y *Dendrocygna autumnalis* (Rojas *et al.*, 2008; Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

Dentro del sistema lagunar se presenta una población total de 8,116 habitantes asentados en las diferentes localidades como Dr. Belisario Domínguez, Boca del Cielo, Cabeza de Toro, El Manguito, Mojarras, La Polka y Ponte Duro (Ovalles-Estrada y Vázquez-Lule, 2009).

## VI. MÉTODO

### 6.1 Zona de muestreo.

Dentro del sistema lagunar “La Joya-Buenavista” se ubicaron dos zonas de muestreo con presencia de bosques de mangle rojo (*R. mangle*) y con variación de salinidad por su distancia a la bocabarra: A) “Cabeza de Toro” (15°56'2.36"N - 93°46'30.80"O), que se ubica en el centro y parte interna del sistema lagunar, en donde la salinidad del ambiente acuático disminuye por la desembocadura del río Pedregal, y B) “La Barra” (15°52'40.55"N - 93°42'44.01"O), que se ubica en el área cercana a la boca del sistema en donde ingresa el agua oceánica a través de las mareas (Figura 9A). Se llevaron a cabo dos muestreos en temporada de lluvias (septiembre y noviembre del 2021) y dos muestreos en la temporada de secas (marzo y mayo del 2022).



**Figura 9.** **A.** Ubicación del sistema lagunar “La Joya-Buenavista” y zonas de muestreos “Cabeza de Toro y La Barra”, del municipio de Tonalá, Chiapas. **B.** Zona de muestreo “Cabeza de Toro” y ubicación de estación 1 y 2 (ECT= Estacion de Cabeza de Toro). **C.** Zona de estudio de muestreo “La Barra” y ubicación de estación 1 y 2 (ELB= Estacion La Barra). Google Earth Pro (2023); INEGI (2023).

## 6.2 Evaluación de la salinidad en el área de estudio.

Se midió la salinidad a profundidad media, en cada sitio de muestreo con un refractómetro (marca ATC), valores en ppm (partes por mil). Esta variable se midió antes de extraer el material biológico (Figura 10).



Figura 10. Toma de salinidad con refractómetro.

## 6.3 Evaluación de los macroinvertebrados adheridos a las raíces de mangle rojo (*Rhizophora mangle*).

La recolecta de muestras se realizó en un horario promedio de 08:00-12:00hrs en dos estaciones (Figura 9B y C) por cada zona de muestreo de acuerdo método modificado de Quijano-Tristancho (2009), en el cual se seleccionaron las estaciones al azar para una mejor valoración del estudio (Cuadro 1). La selección de los puntos al azar fue sobre la franja de manglar cercana al punto de acceso, desde donde se arrojó un aro de plástico sobre la vegetación realizando el muestreo en el punto más próximo de la posición del aro Martella *et al.*, (2012).

Cuadro 1. Posiciones geográficas de las zonas de estudios.

| Zona | Nombre         | Estación | Posición geográfica            |
|------|----------------|----------|--------------------------------|
| A    | Cabeza de Toro | ECT 1    | 15°56'1.95"N<br>93°46'30.43"O  |
|      |                | ECT 2    | 15°56'2.19"N<br>93°46'31.33"O  |
| B    | La barra       | ELB 1    | 15°52'39.98"N<br>93°42'44.23"O |
|      |                | ELB 2    | 15°52'40.36"N<br>93°42'42.84"O |

La extracción de los macroinvertebrados se realizó tomando cuatro raíces al azar de mangle rojo (no fijas al sustrato), a las cuales se les midió el largo total, hasta la marca de agua. Con un disco de Secchi se tomaron medidas de profundidad y transparencia de cada zona de muestreo. Una vez medidas, cada raíz se introdujo en una bolsa de nailon y se cortó con ayuda de un serrucho. Una vez etiquetadas, las raíces se trasladaron a Laboratorio Interdisciplinario de Ecología Costera (LIECO) (Figura 11).



**Figura 11.** Corte y traslado de Raíces de mangle en bolsas nailon.

Dentro del laboratorio, se colocaron las raíces por cada estación en bandejas y bateas de plástico con agua de llave para la limpieza de las muestras y toma de medida al diámetro de las raíces (Figura 12). Una vez se realizó este acto con unos guantes de nitrilo se retiraron los macroinvertebrados adheridos a la raíz del manglar, mientras que las ostras y cirrípedos se tuvieron que cortar el tramo de la raíz para poder conservarlos. Habiendo realizado este proceso, se procedió a fijar los macroinvertebrados con formol al 10%, después se etiquetaron las muestras de acuerdo a las zonas y estaciones de recolecta. Cinco días después de haber realizado este proceso, se retiró el formol con agua corriente y se preservaron en alcohol al 70%. Este método se llevó a cabo en los cuatro meses de muestreos.



**Figura 12.** Colocación de las muestras en bandejas de plásticos para desheredación de los organismos.

Para la identificación de los organismos se utilizaron claves taxonómicas y guías ilustrativas de especies que se distribuyen en las costas del océano Pacífico. Para los cirrípedos se utilizó claves taxonómicas como la de Gómez, (2003); para ostras Lodeiros *et al.*, (2020); claves para gasterópodos, bivalvos, crustáceos, etc., las de Sevilla (1995) y Fischer *et al.*, (1995); claves de poliquetos como el caso de León *et al.*, (2009), también se usaron guías ilustrativas como las de Penagos (2013); y Gurgo y Cáceres (2021).

#### 6.4 Análisis de datos

La riqueza y abundancia se calculó como el número de taxones encontrados durante los meses de muestreos.

La diversidad se calculó mediante el Índice de Shannon-Wiener y la serie 1 de números de Hill. El índice de Shannon-Wiener considera la cantidad de taxones presentes en el área de estudio (Moreno, 2001). Se calcula mediante la fórmula matemática:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

$H'$  = Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

$\sum$  = Sumatoria.

$p_i$  = Proporción de individuos hallados en la especie  $i$ -ésima con respecto al total de organismos; se calcula mediante la relación  $n_i/N$ .

$n_i$  = Número de organismos o cobertura de la especie  $i$ .

$N$  = Suma del número total de organismos o de las coberturas de todas las especies.

$\ln$  = Logaritmo natural.

La serie 1 de números de Hill ( $N_1$ ) es el efectivo del número de especies, la fórmula maestra de los números de Hill incluye un parámetro  $q$ , que determina la sensibilidad del cálculo a la abundancia relativa de especies (Jost, 2006)

y el índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) prosiguiendo la fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

$H'$  = Índice de Shannon-Wiener.

$H'_{max}$  =  $\ln(S)$

$\ln$  = Logaritmo natural.

$S$  = Número de especies.

La dominancia general, por temporada y sitio se analizó mediante el índice de valor de importancia relativa. El IVIr se realizó sumando de acuerdo a los valores promedios relativos de abundancia y frecuencia de aparición de todas las especies (Brower y Zar, 1977), considerando los siguientes cálculos:

$$\text{Frecuencia de la especie X} = \frac{\text{No. De sitios en que aparece la especie X} * 100}{\text{No. Total de Sitios}}$$

$$\text{Abundancia de la especie X} = \frac{\text{Abundancia de la especie X} * 100}{\text{Abundancia total de todas las especies}}$$

$$\text{Valor de Importancia} = \text{Abundancia} + \text{Frecuencia}$$

Las medias de los valores de abundancia y diversidad se compararon entre los meses mediante análisis de varianza de una vía (ANOVA), y entre localidades mediante análisis t de Student. Previo a estas pruebas se aplicaron análisis de homogeneidad de varianza mediante el test de Levene.

La variación espacio temporal se evaluó gráficamente con un ordenamiento por Escalamiento Multidimensional No paramétrico (NMDS) y un análisis de conglomerados UPGMA, utilizando una matriz de Bray-Curtis. Se determinó la similitud de los grupos categorizados por localidad (Cabeza de Toro y La Barra) y por temporada (lluvias y secas) mediante un Análisis de similitud (ANOSIM) de dos vías. Los datos de abundancia numérica se transformaron previamente a raíz cuarta. Se empleó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) para identificar a los taxones que contribuyeron a diferenciar los grupos de sitios y temporadas (Clarke y Gorley, 2006).

La relación entre la salinidad y diámetro de las raíces con la abundancia y diversidad de macroinvertebrados se analizó mediante análisis de correlación de Spearman. Las variables con un grado de asociación más elevado, se exploraron con un análisis de regresión lineal.

Todos los índices ecológicos y análisis estadísticos se realizaron en el programa PAST 4.13.

## VII. RESULTADOS

### 7.1 Composición taxonómica de macroinvertebrados.

En este estudio se encontraron 23 taxones, adheridos a las raíces de *R. mangle*, dentro del sistema lagunar la Joya Buena-Vista, en el periodo temporal de lluvias y secas. Las unidades taxonómicas encontradas fueron 1 orden (presente en el sitio de “Cabeza de Toro” y ausente en “La Barra”), 17 familias, 17 géneros y 15 especies (Cuadro 2).

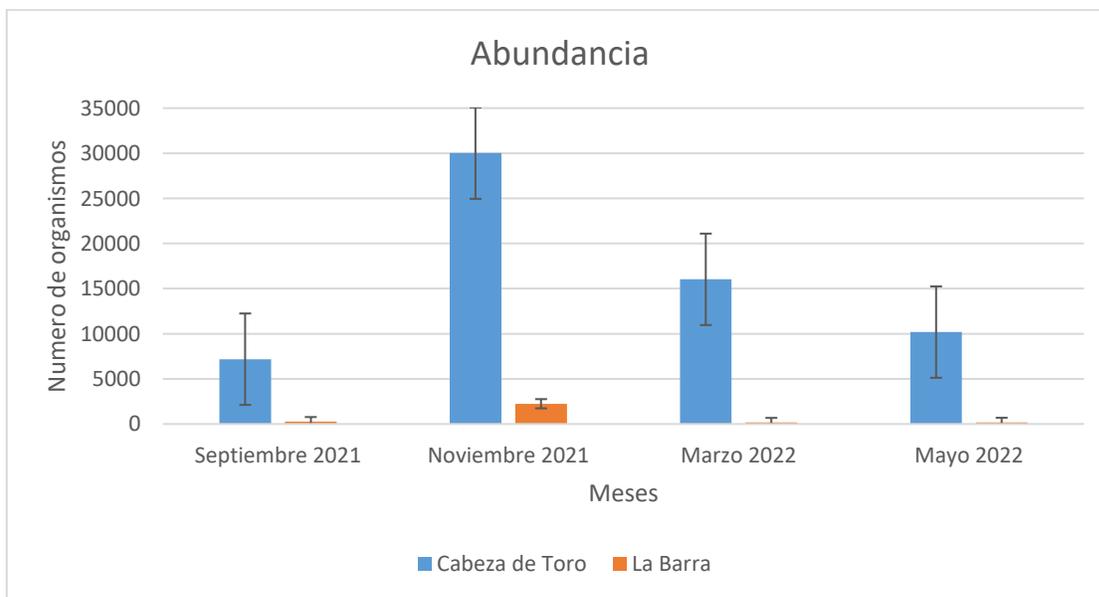
**Cuadro 2.** Lista de taxones y distribución temporal de macroinvertebrados adheridos en raíces de *R. mangle* dentro del sistema lagunar “La Joya-Buenavista”. LI= Lluvias; S= Secas.

| No. | Taxón                            | Cabeza de Toro |   | La Barra |   |
|-----|----------------------------------|----------------|---|----------|---|
|     |                                  | LI             | S | LI       | S |
| 1   | Familia Alpheidae                |                |   |          |   |
|     | <i>Synalpheus sp.</i>            |                |   |          | • |
| 2   | Familia Balanidae                |                |   |          |   |
|     | <i>Balanus sp.</i>               | •              | • | •        | • |
| 3   | Familia Diogenidae               |                |   |          |   |
|     | Diogenidae                       |                |   |          | • |
|     | <i>Clibanarius lineatus</i>      |                |   |          | • |
| 4   | Familia Isognomonidae            |                |   |          |   |
|     | <i>Isognomon janus</i>           |                |   |          | • |
|     | <i>Isognomon recognitus</i>      |                |   | •        | • |
| 5   | Familia Littorinidae             |                |   |          |   |
|     | <i>Littoraria cebra</i>          |                |   | •        | • |
|     | <i>Littoraria varia</i>          |                |   | •        | • |
|     | <i>Echinolittorina peruviana</i> |                |   | •        |   |
| 6   | Familia Muricidae                |                |   |          |   |
|     | <i>Stramonita biserialis</i>     |                |   | •        | • |
| 7   | Familia Mytilidae                |                |   |          |   |
|     | <i>Mytella strigata</i>          | •              | • | •        | • |
| 8   | Familia Nassariidae              |                |   |          |   |
|     | <i>Nassarius wilsoni</i>         |                |   | •        | • |
| 9   | Familia Neritidae                |                |   |          |   |
|     | <i>Vitta luteofasciata</i>       |                |   | •        | • |
| 10  | Familia Nereididae               |                |   |          |   |
|     | <i>Ceratonereis sp.</i>          | •              | • | •        |   |
| 11  | Familia Ostreidae                |                |   |          |   |
|     | <i>Saccostrea palmula</i>        |                |   | •        | • |
|     | <i>Striostrea prismática</i>     |                |   |          | • |
| 12  | Familia Parapaguridae            |                |   |          |   |

|    |                             |   |   |   |   |
|----|-----------------------------|---|---|---|---|
|    | Parapaguridae               |   |   |   | • |
| 13 | Familia Pisaniidae          |   |   |   |   |
|    | <i>Solenosteira gatesi</i>  |   |   | • |   |
| 14 | Familia Porcellanidae       |   |   |   |   |
|    | Porcellanidae               |   |   |   | • |
|    | <i>Petrolisthes armatus</i> |   |   | • |   |
| 15 | Familia Sabellidae          |   |   |   |   |
|    | <i>Branchiomma sp.</i>      |   |   |   | • |
| 16 | Familia Varunidae           |   |   |   |   |
|    | <i>Tetrarapsus jouyi</i>    |   | • |   |   |
| 17 | Familia Xanthidae           |   |   |   |   |
|    | <i>Hexapanopeus sp.</i>     |   |   | • | • |
| 18 | Orden Isopoda               |   |   |   |   |
|    | Isopoda                     | • | • |   |   |

## 7.2 Abundancia de macroinvertebrados.

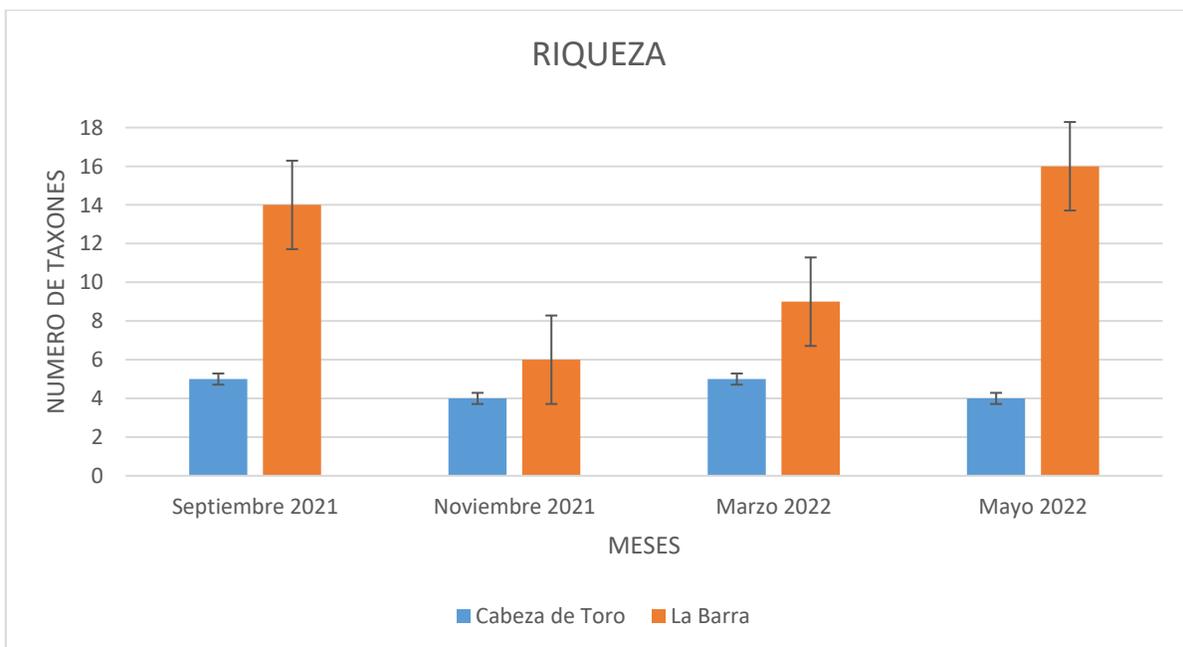
En este estudio se encontró una mayor abundancia numérica de macroinvertebrados en Cabeza de Toro con 63,410 organismos; mientras que en “La Barra” se contabilizaron 2,853 organismos. En “Cabeza de Toro” con relación del mes de noviembre se registró la mayor abundancia con un total de 30,015 organismos, seguido del mes de marzo con 16,029 organismos. Se obtuvo el mayor promedio para el mes de noviembre ( $16,131 \pm 19,634.94$ ) y el mayor promedio para el sitio de “Cabeza de Toro” ( $15,852.5 \pm 10,131.29$ ). (Figura 13). Estos valores presentaron diferencias significativas entre la abundancia de las localidades ( $t=2.9735$ ;  $p=0.024845$ ). en el caso de la comparación de las abundancias para cada uno de los meses en ambas localidades, no se detectaron diferencias significativas (ANOVA,  $F=0.4194$ ;  $p=0.7494$ ).



**Figura 13.** Grafica de la variación espacio-temporal de la abundancia de los macroinvertebrados en temporadas de lluvias y secas en las dos zonas de muestreo.

### 7.3 Riqueza.

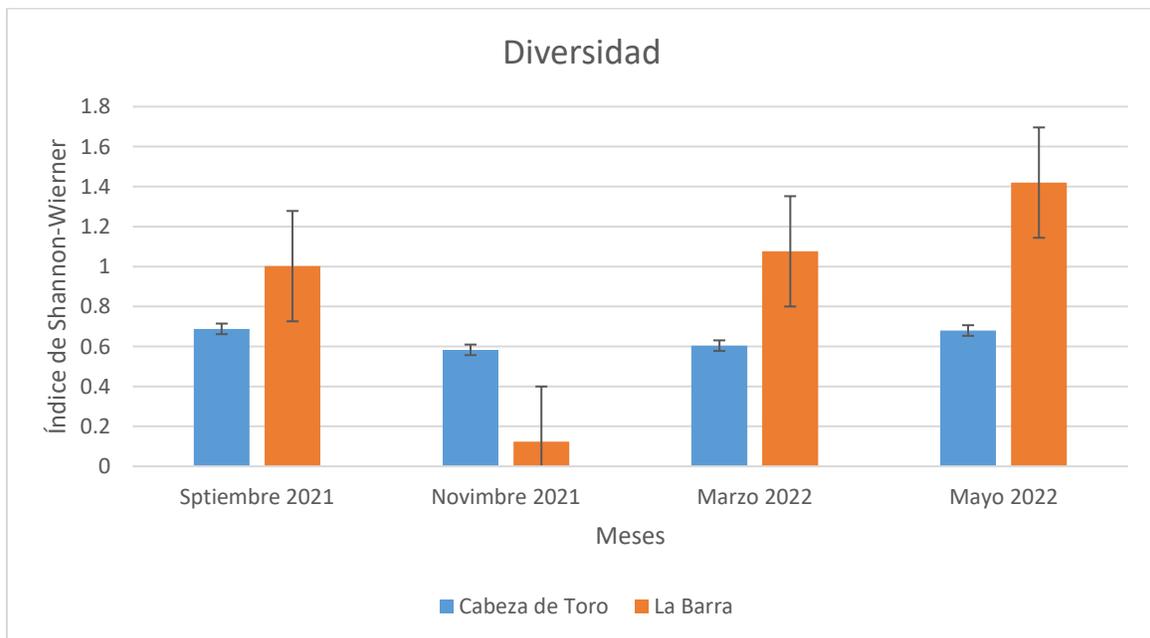
La riqueza se determinó por la cantidad de taxones presentes en las diferentes zonas de estudios de acuerdo a las temporadas; encontrándose 22 taxones para el sitio “La Barra” y cinco taxones para el sitio “Cabeza de Toro”. El sitio de la “La Barra” relacionado con el mes de mayo, fue la relación donde se registró mayor riqueza con 16 taxones presentes. Para el mes de mayo se registró el mayor promedio con un valor de  $10 \pm 8.49$ ; en la zona de “La Barra” obtuvo el mayor promedio de  $11.25 \pm 3.96$  (Cuadro 2; Figura 14). No se detectó una diferencia significativa con respecto a los meses de muestreo (ANOVA  $F=0.3524$ ;  $p=0.791$ ). En temporada de lluvias se encontraron 15 taxones y 21 para los meses de la temporada seca, en ambos sitios, en las cuales hubo una diferencia significativa ( $t=2.9286$ ;  $p=0.026336$ ) con respecto a los sitios de muestreo.



**Figura 14.** Grafica de la variación espacio-temporal de la riqueza; se muestra el número de taxones presentes en las zonas de estudios de acuerdo a la temporada.

#### 7.4 Diversidad.

La diversidad, de acuerdo al Índice de Shannon-Wiener, se cuantificó valorando la riqueza de taxones y la cantidad relativa de individuos de cada uno de estos. La mayor diversidad se concentró en la zona de “La Barra” con un promedio de  $(0.91 \pm 0.55)$ ; y para el mes de mayo se registró un promedio de  $(1.05 \pm 0.52)$  (Figura 15), y no se detectaron diferencias significativas (ANOVA,  $F= 1.296$ ;  $p= 0.3908$ ) entre los meses. Tampoco se encontraron diferencias significativas de acuerdo a la comparación entre ambas localidades ( $t= 0.96179$ ;  $p= 0.3733$ ).



**Figura 15.** Grafica de la variación espacio-temporal de la diversidad de acuerdo al índice de Shannon-Wiener.

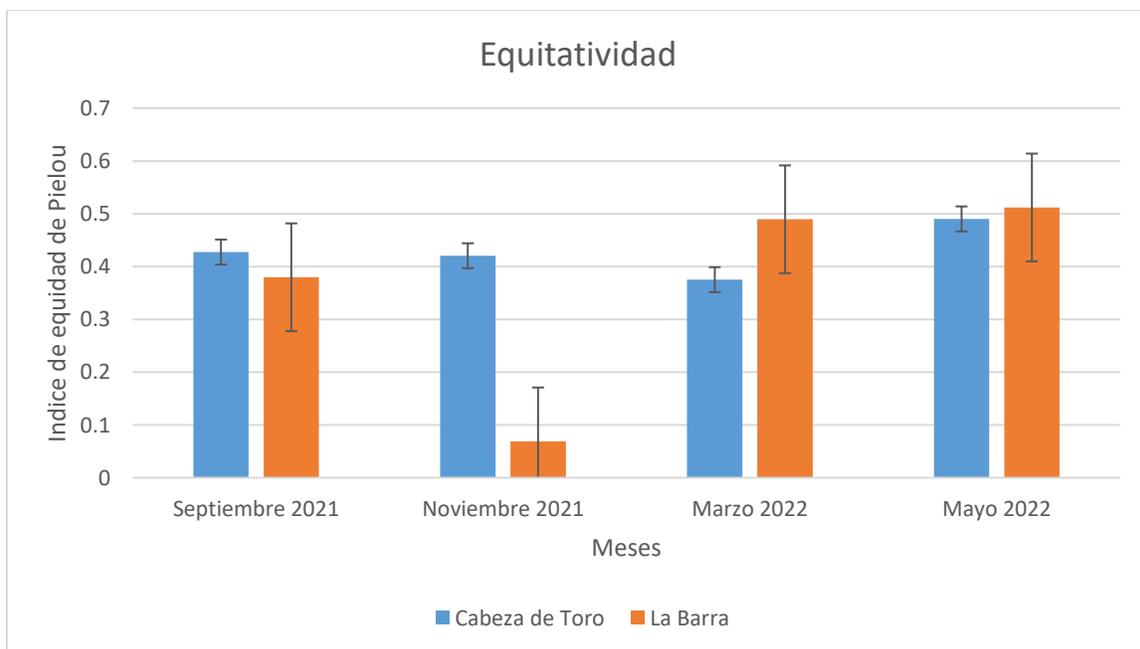
De acuerdo la diversidad expresada con los números de Hill, la zona de “La Barra” obtuvo el mayor promedio ( $2.73 \pm 1.24$ ) referente a la zona de “Cabeza de toro” ( $1.9 \pm 0.10$ ) y el mes de mayo fue el que mayor promedio se registró ( $3.06 \pm 1.53$ ) (Figura 16). En comparación de los meses de muestreos no se detectaron diferencias significativas (ANOVA,  $F= 0.9952$ ;  $p= 0.4806$ ), tampoco se encontraron diferencias significativas de acuerdo a las localidades ( $t= 1.3484$ ;  $p= 0.22621$ ).



**Figura 16.** Grafica de la variación espacio-temporal de la diversidad, expresada con los números de Hill.

## 7.5 Equitatividad.

Con el índice de equidad de Pielou ( $J'$ ), se midió la proporción de la diversidad observada con la relación a la máxima diversidad esperada. El promedio más alto se registró para el mes de mayo ( $0.5 \pm 0.02$ ) y para el sitio de “Cabeza de Toro” ( $0.43 \pm 0.05$ ). (Figura 17), con la prueba de ANOVA no encontramos diferencias significativas de acuerdo a los meses ( $F= 1.351$ ;  $p=0.3769$ ), y tampoco se encontraron diferencias significativas de acuerdo a las localidades ( $t= 0.62799$ ;  $p= 0.55315$ ).



**Figura 17.** Grafica de la variación espacio-temporal de la equitatividad presentada por el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ).

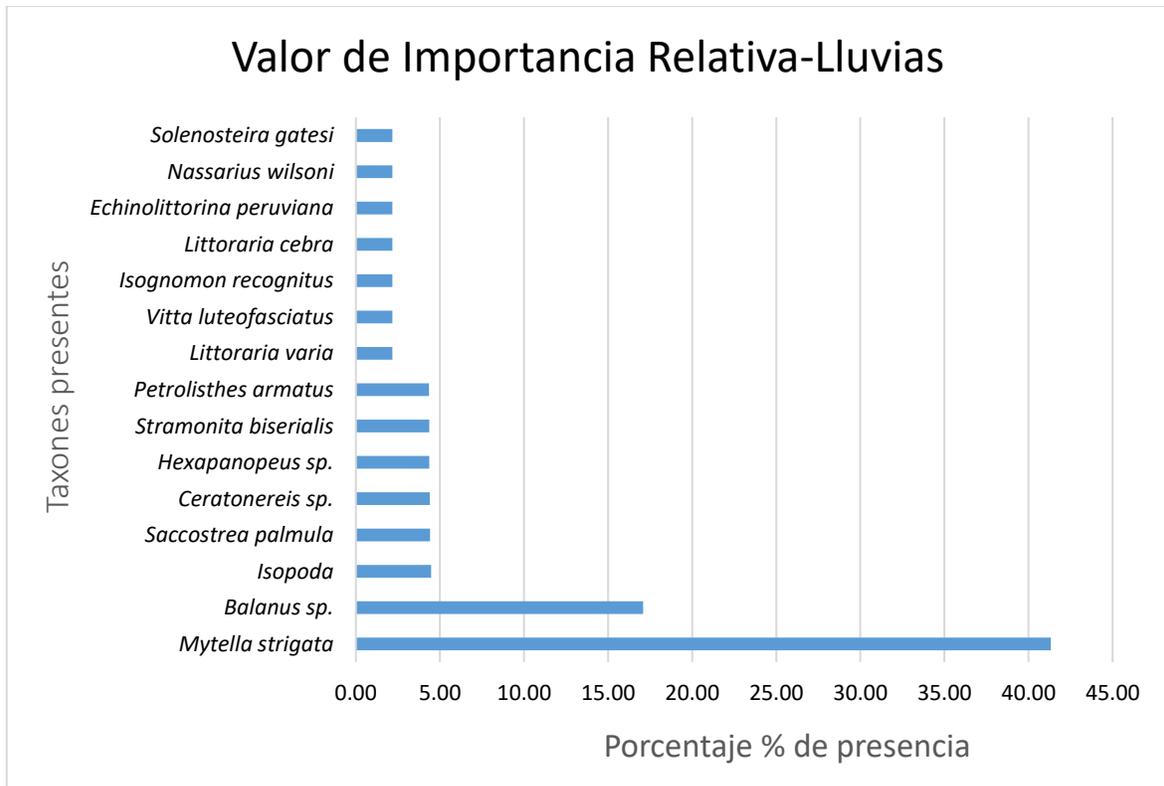
## 7.6 Dominancia.

La dominancia por temporada se analizó mediante la presencia de taxones en los dos meses de lluvia y los dos meses de seca; así como una comparación de las diferentes localidades con respecto a los cuatro meses de muestreo.

En la temporalidad de lluvias se identificaron 15 taxones, de los cuales los que más dominaron en valor de importancia relativa fueron *Mytella strigata* (41.33%) y *Balanus sp.* (17.08%), las especies restantes tuvieron muy poca dominancia (Cuadro 3 y Figura 18).

**Cuadro 3.** Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en la temporada de lluvia, considerando ambas localidades. ABUN (abundancia). FREC (frecuencia), ABUN % (abundancia relativa), FREC % (frecuencia relativa).

| No.          | Taxones presentes                | ABUN         | FREC      | ABUN%      | FREC%      | IVIR       |
|--------------|----------------------------------|--------------|-----------|------------|------------|------------|
| 1            | <i>Mytella strigata</i>          | 29366        | 2         | 73.97      | 8.70       | 41.33      |
| 2            | <i>Balanus sp.</i>               | 10111        | 2         | 25.47      | 8.70       | 17.08      |
| 3            | Isopoda                          | 107          | 2         | 0.27       | 8.70       | 4.48       |
| 4            | <i>Saccostrea palmula</i>        | 46           | 2         | 0.12       | 8.70       | 4.41       |
| 5            | <i>Ceratonereis sp.</i>          | 38           | 2         | 0.10       | 8.70       | 4.40       |
| 6            | <i>Hexapanopeus sp.</i>          | 11           | 2         | 0.03       | 8.70       | 4.36       |
| 7            | <i>Stramonita biserialis</i>     | 9            | 2         | 0.02       | 8.70       | 4.36       |
| 8            | <i>Petrolisthes armatus</i>      | 2            | 2         | 0.01       | 8.70       | 4.35       |
| 9            | <i>Littoraria varia</i>          | 3            | 1         | 0.01       | 4.35       | 2.18       |
| 10           | <i>Vitta luteofasciatus</i>      | 3            | 1         | 0.01       | 4.35       | 2.18       |
| 11           | <i>Isognomon recognitus</i>      | 2            | 1         | 0.01       | 4.35       | 2.18       |
| 12           | <i>Littoraria cebra</i>          | 1            | 1         | 0.00       | 4.35       | 2.18       |
| 13           | <i>Echinolittorina peruviana</i> | 1            | 1         | 0.00       | 4.35       | 2.18       |
| 14           | <i>Nassarius wilsoni</i>         | 1            | 1         | 0.00       | 4.35       | 2.18       |
| 15           | <i>Solenosteira gatesi</i>       | 1            | 1         | 0.00       | 4.35       | 2.18       |
| <b>TOTAL</b> |                                  | <b>39702</b> | <b>23</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |



**Figura 18.** Grafica del Índice de Importancia relativa (IVI) de distribución de los macroinvertebrados en la temporada de lluvias en ambos sitios de muestreo.

En la temporalidad de secas se identificaron 21 taxones, de los cuales que más dominaron en valor de importancia relativa (IVIr) fueron *Mytella strigata* (37.20%), *Balanus sp.* (18.78%) y *Saccostrea palmula* (3.77%), mientras que los taxones restantes tuvieron muy poca dominancia como se presenta en el Cuadro 4 y Figura 19.

**Cuadro 4.** Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en la temporada de secas, considerando ambas localidades. ABUN (abundancia). FREC (frecuencia), ABUN % (abundancia relativa), FREC % (frecuencia relativa).

| NO. | Taxones presentes            | ABUN         | FREC      | ABUN%         | FREC%         | IVIR          |
|-----|------------------------------|--------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| 1   | <i>Mytella strigata</i>      | 17989        | 2         | 67.73         | 6.67          | 37.20         |
| 2   | <i>Balanus sp.</i>           | 8206         | 2         | 30.89         | 6.67          | 18.78         |
| 3   | <i>Saccostrea palmula</i>    | 230          | 2         | 0.87          | 6.67          | 3.77          |
| 4   | <i>Striostrea prismatica</i> | 42           | 2         | 0.16          | 6.67          | 3.41          |
| 5   | Isopoda                      | 41           | 2         | 0.15          | 6.67          | 3.41          |
| 6   | <i>Hexapanopeus sp.</i>      | 17           | 2         | 0.06          | 6.67          | 3.37          |
| 7   | <i>Isognomon recognitus</i>  | 11           | 2         | 0.04          | 6.67          | 3.35          |
| 8   | <i>Isognomon janus</i>       | 6            | 2         | 0.02          | 6.67          | 3.34          |
| 9   | <i>Littoraria cebra</i>      | 3            | 2         | 0.01          | 6.67          | 3.34          |
| 10  | <i>Vitta luteofasciatus</i>  | 3            | 1         | 0.01          | 3.33          | 1.67          |
| 11  | <i>Ceratoneris sp.</i>       | 2            | 1         | 0.01          | 3.33          | 1.67          |
| 12  | <i>Nassarius wilsoni</i>     | 2            | 1         | 0.01          | 3.33          | 1.67          |
| 13  | <i>Branchiomma sp.</i>       | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
| 14  | <i>Clibanarius lineatus</i>  | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
| 15  | <i>Littoraria varia</i>      | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
| 16  | <i>Synalpheus sp.</i>        | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
| 17  | <i>Tetragrapsus jouyi</i>    | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
| 18  | <i>Stramonita biserialis</i> | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
| 19  | Diogenidae                   | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
| 20  | Parapaguridae                | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
| 21  | Porcellanidae                | 1            | 1         | 0.00          | 3.33          | 1.67          |
|     | <b>TOTAL</b>                 | <b>26561</b> | <b>30</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |

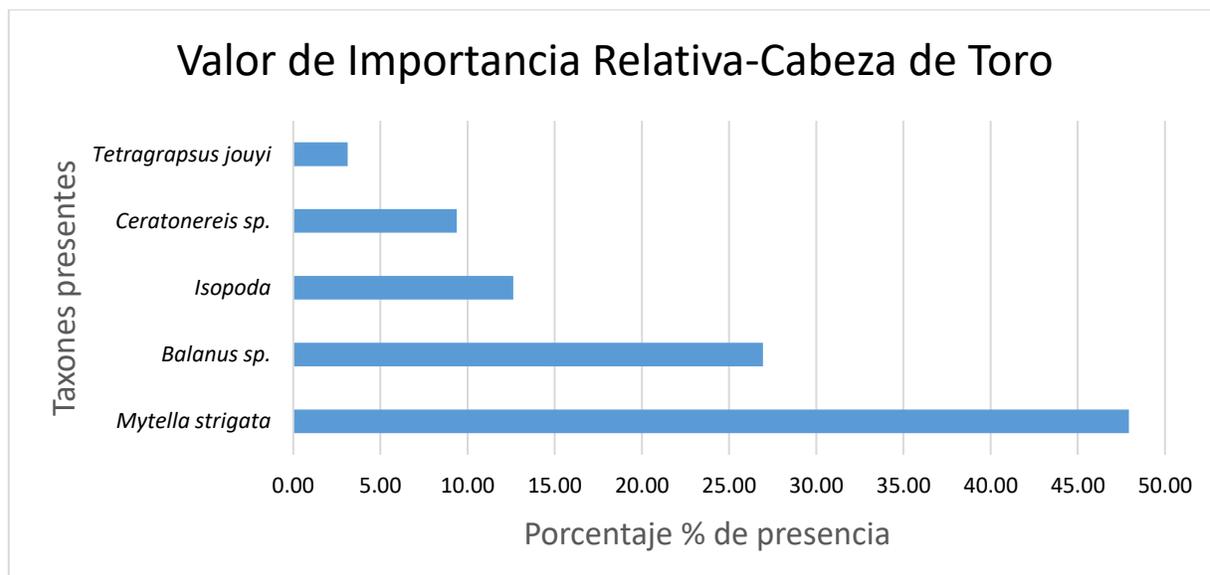


**Figura 19.** Grafica del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados en la temporada de secas en ambos sitios de muestreo.

En la localidad de Cabeza de Toro, con respecto a los cuatro meses de muestreo, se identificaron 5 taxones macroinvertebrados, de los que dominaron en valor de importancia relativa (IVIr) fueron *Mytella strigata* (47.95%) y *Balanus sp.* (26.93%); el taxón que menos dominó fue *Tetragrapsus jouyi* (3.13 %) (Cuadro 5 y Figura 20).

**Cuadro 5.** Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en la localidad de Cabeza de Toro, considerando ambas temporadas. ABUN (abundancia). FREC (frecuencia), ABUN % (abundancia relativa), FREC % (frecuencia relativa).

| No. | Taxones presentes         | ABUN         | FREC      | ABUN%         | FREC%      | IVIR          |
|-----|---------------------------|--------------|-----------|---------------|------------|---------------|
| 1   | <i>Mytella strigata</i>   | 44930        | 4         | 70.88         | 25         | 47.94         |
| 2   | <i>Balanus sp.</i>        | 18301        | 4         | 28.87         | 25         | 26.93         |
| 3   | Isopoda                   | 148          | 4         | 0.23          | 25         | 12.62         |
| 4   | <i>Ceratonereis sp.</i>   | 12           | 3         | 0.02          | 18.75      | 9.38          |
| 5   | <i>Tetragrapsus jouyi</i> | 1            | 1         | 0.00          | 6.25       | 3.13          |
|     | <b>TOTAL</b>              | <b>63392</b> | <b>16</b> | <b>100.00</b> | <b>100</b> | <b>100.00</b> |



**Figura 20.** Grafica del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados en la localidad de Cabeza de Toro en ambas temporadas.

En la localidad de La Barra con respecto a los cuatro meses de muestreos se identificaron 22 taxones, de los que dominaron en valor de importancia relativa (IVIr) fueron *Mytella strigata* (46.49%) y *Saccostrea palmula* (9.06%), mientras que los taxones restantes tuvieron muy poca dominancia (Cuadro 6 y Figura 21).

**Cuadro 6.** Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en la localidad de La Barra, considerando ambas temporadas. ABUN (abundancia). FREC (frecuencia), ABUN % (abundancia relativa), FREC % (frecuencia relativa).

| No. | Taxones presentes                | ABUN        | FREC      | ABUN%         | FREC%         | IVIR          |
|-----|----------------------------------|-------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
| 1   | <i>Mytella strigata</i>          | 2425        | 4         | 84.47         | 8.51          | 46.49         |
| 2   | <i>Saccostrea palmula</i>        | 276         | 4         | 9.61          | 8.51          | 9.06          |
| 3   | <i>Hexapanopeus sp.</i>          | 28          | 4         | 0.98          | 8.51          | 4.74          |
| 4   | <i>Balanus sp.</i>               | 16          | 4         | 0.56          | 8.51          | 4.53          |
| 5   | <i>Isognomon recognitus</i>      | 13          | 3         | 0.45          | 6.38          | 3.42          |
| 6   | <i>Stramonita biserialis</i>     | 10          | 3         | 0.35          | 6.38          | 3.37          |
| 7   | <i>Littoraria cebra</i>          | 4           | 3         | 0.14          | 6.38          | 3.26          |
| 8   | <i>Striostrea prismática</i>     | 42          | 2         | 1.46          | 4.26          | 2.86          |
| 9   | <i>Ceratonereis sp.</i>          | 28          | 2         | 0.98          | 4.26          | 2.62          |
| 10  | <i>Isognomon janus</i>           | 6           | 2         | 0.21          | 4.26          | 2.23          |
| 11  | <i>Vitta luteofasciatus</i>      | 6           | 2         | 0.21          | 4.26          | 2.23          |
| 12  | <i>Littoraria varia</i>          | 4           | 2         | 0.14          | 4.26          | 2.20          |
| 13  | <i>Nassarius wilsoni</i>         | 3           | 2         | 0.10          | 4.26          | 2.18          |
| 14  | <i>Petrolisthes armatus</i>      | 2           | 2         | 0.07          | 4.26          | 2.16          |
| 15  | <i>Branchiomma sp.</i>           | 1           | 1         | 0.03          | 2.13          | 1.08          |
| 16  | <i>Clibanarius lineatus</i>      | 1           | 1         | 0.03          | 2.13          | 1.08          |
| 17  | <i>Echinolittorina peruviana</i> | 1           | 1         | 0.03          | 2.13          | 1.08          |
| 18  | <i>Solenosteira gatesi</i>       | 1           | 1         | 0.03          | 2.13          | 1.08          |
| 19  | <i>Synalpheus sp.</i>            | 1           | 1         | 0.03          | 2.13          | 1.08          |
| 20  | Diogenidae                       | 1           | 1         | 0.03          | 2.13          | 1.08          |
| 21  | Parapaguridae                    | 1           | 1         | 0.03          | 2.13          | 1.08          |
| 22  | Porcellanidae                    | 1           | 1         | 0.03          | 2.13          | 1.08          |
|     | <b>TOTAL</b>                     | <b>2871</b> | <b>47</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> | <b>100.00</b> |

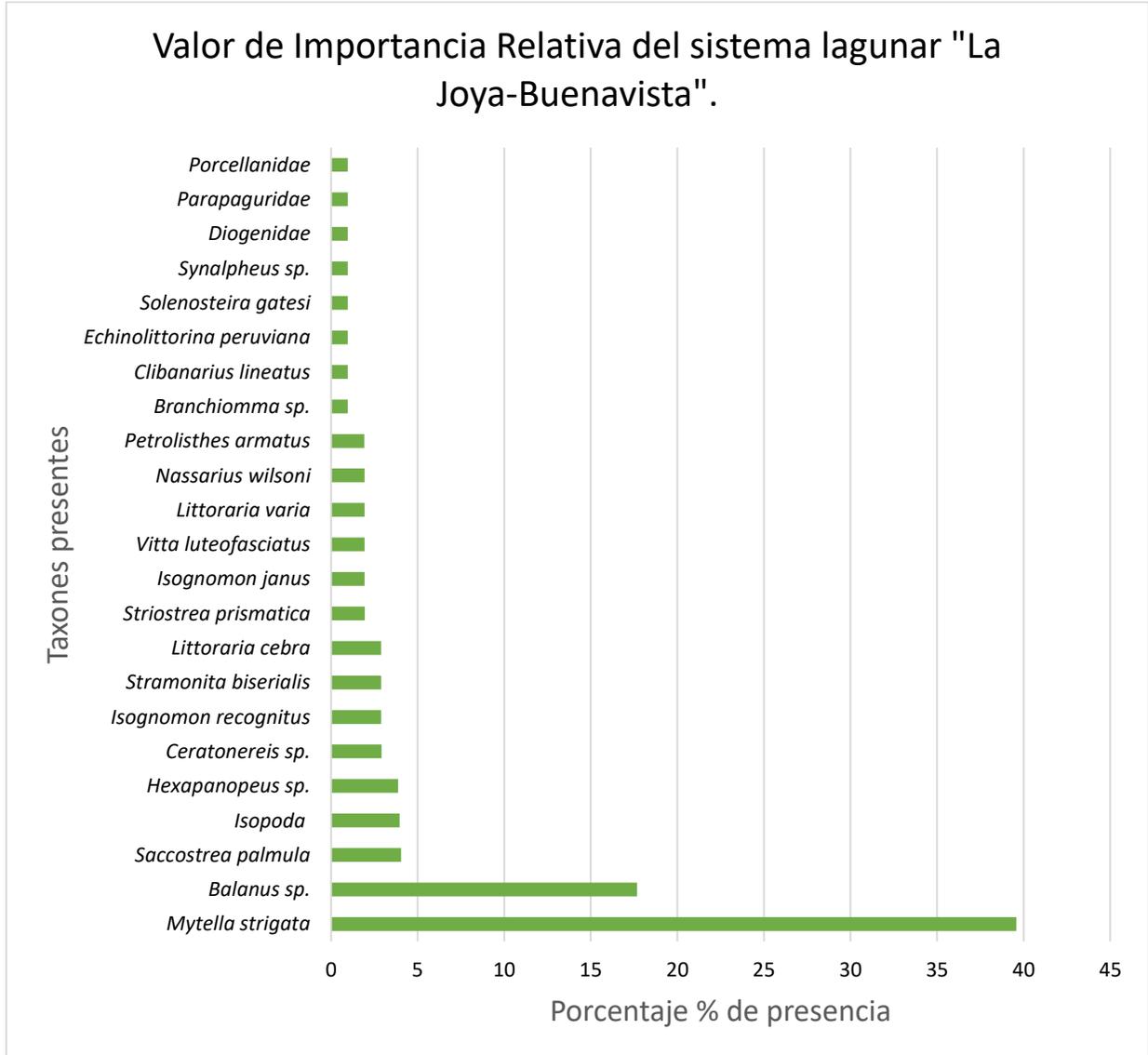


**Figura 21.** Gráfica del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados en la localidad de La Barra en ambas temporadas.

Dentro del sistema lagunar “La Joya-Buenavista” se registraron un total de 23 taxones con respecto a los cuatro meses de muestreo, los que dominaron de acuerdo al valor de importancia relativa (IVIR) fueron *M. strigata* (36.58%), *Balanus sp.* (17.67), *S. palmula* (4.05%), Isopoda (3.96%), los valores restantes tuvieron poca dominancia como se muestra en el Cuadro 7 y la Figura 22.

**Cuadro 7.** Índice de Valores de Importancia relativa (IVIr) de macroinvertebrados registrados en el sistema lagunar “La Joya-Buenavista”, considerando los cuatro meses de muestreo. Abun (abundancia). Frec (frecuencia), Abun % (abundancia relativa), Frec % (frecuencia relativa).

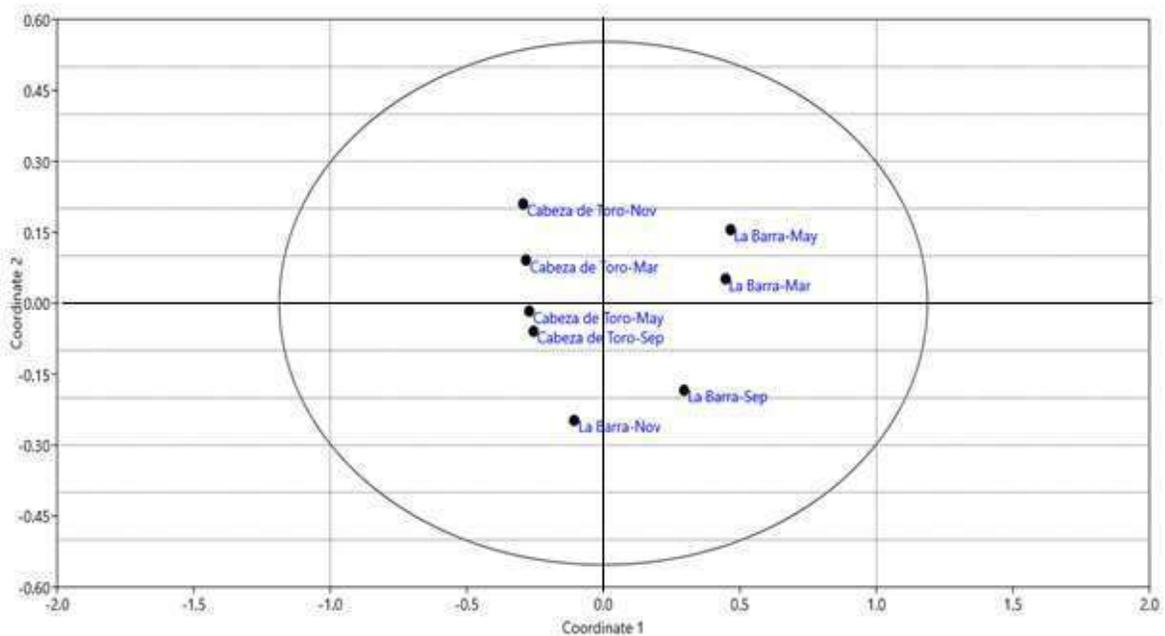
| NO. | Taxones presentes                | ABUN  | FREC | ABUN%  | FREC%  | IVIR   |
|-----|----------------------------------|-------|------|--------|--------|--------|
| 1   | <i>Mytella strigata</i>          | 47355 | 4    | 71.46  | 7.69   | 39.58  |
| 2   | <i>Balanus sp.</i>               | 18317 | 4    | 27.64  | 7.69   | 17.67  |
| 3   | <i>Saccostrea palmula</i>        | 276   | 4    | 0.41   | 7.69   | 4.05   |
| 4   | Isopoda                          | 148   | 4    | 0.22   | 7.69   | 3.96   |
| 5   | <i>Hexapanopeus sp.</i>          | 28    | 4    | 0.04   | 7.69   | 3.87   |
| 6   | <i>Ceratoneris sp.</i>           | 40    | 3    | 0.06   | 5.77   | 2.91   |
| 7   | <i>Isognomon recognitus</i>      | 13    | 3    | 0.02   | 5.77   | 2.89   |
| 8   | <i>Stramonita biserialis</i>     | 10    | 3    | 0.01   | 5.77   | 2.89   |
| 9   | <i>Littoraria cebra</i>          | 4     | 3    | 0.006  | 5.77   | 2.89   |
| 10  | <i>Striostrea prismatica</i>     | 42    | 2    | 0.063  | 3.85   | 1.95   |
| 11  | <i>Isognomon janus</i>           | 6     | 2    | 0.009  | 3.85   | 1.93   |
| 12  | <i>Vitta luteofasciatus</i>      | 6     | 2    | 0.009  | 3.85   | 1.93   |
| 13  | <i>Littoraria varia</i>          | 4     | 2    | 0.006  | 3.85   | 1.93   |
| 14  | <i>Nassarius wilsoni</i>         | 3     | 2    | 0.005  | 3.85   | 1.93   |
| 15  | <i>Petrolisthes armatus</i>      | 2     | 2    | 0.003  | 3.85   | 1.92   |
| 16  | <i>Branchiomma sp.</i>           | 1     | 1    | 0.002  | 1.92   | 0.96   |
| 17  | <i>Clibanarius lineatus</i>      | 1     | 1    | 0.002  | 1.92   | 0.96   |
| 18  | <i>Echinolittorina peruviana</i> | 1     | 1    | 0.002  | 1.92   | 0.96   |
| 19  | <i>Solenosteira gatesi</i>       | 1     | 1    | 0.002  | 1.92   | 0.96   |
| 20  | <i>Synalpheus sp.</i>            | 1     | 1    | 0.002  | 1.92   | 0.96   |
| 21  | Diogenidae                       | 1     | 1    | 0.002  | 1.92   | 0.96   |
| 22  | Parapaguridae                    | 1     | 1    | 0.002  | 1.92   | 0.96   |
| 23  | Porcellanidae                    | 1     | 1    | 0.002  | 1.92   | 0.96   |
|     | <b>TOTAL</b>                     | 66262 | 52   | 100.00 | 100.00 | 100.00 |



**Figura 22.** Grafica general del Índice de Importancia relativa (IVIr) de distribución de los macroinvertebrados dentro del sistema lagunar "La Joya-Buenavista" en los cuatro meses de muestreo.

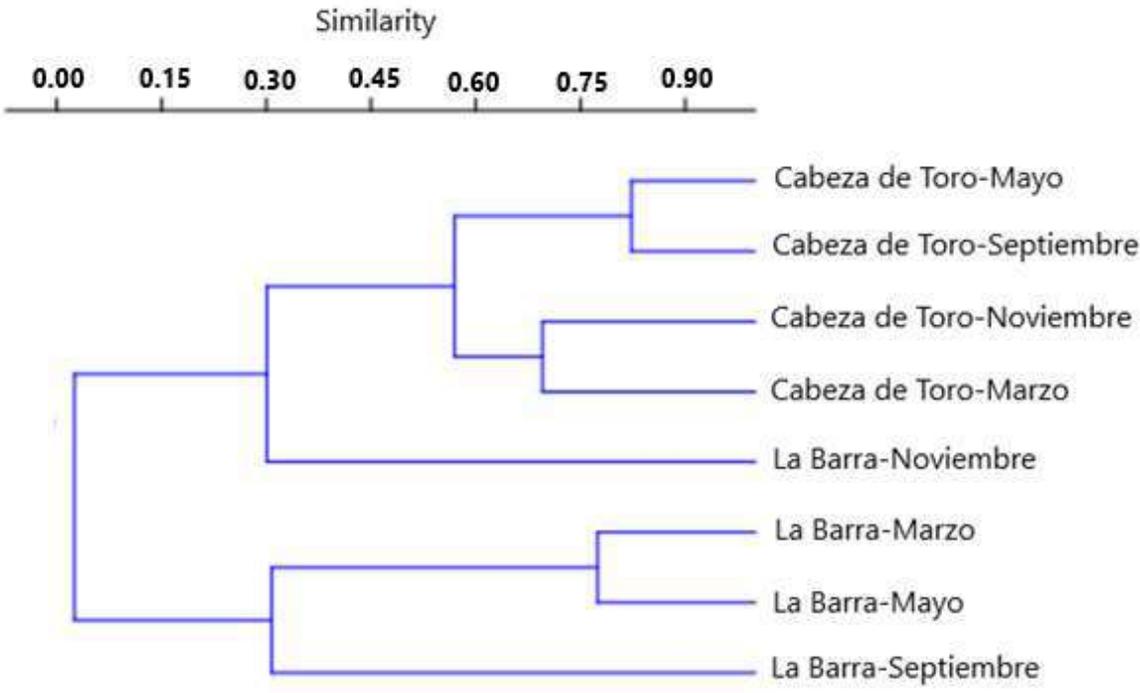
### 7.7 Análisis de similitud.

En la gráfica de NMDS (Figura 23) se observa el gradiente en la ordenación de los sitios de “Cabeza de Toro” en los cuatro meses de muestreo los cuales se agrupan hacia el lado izquierdo; mientras que los sitios de “La Barra” se agrupan los meses de mayo y marzo hacia el lado derecho. Se observa una mayor separación en los meses de septiembre y noviembre. Se observa también que el sitio de “La Barra” para el mes de noviembre se separa de los grupos de “Cabeza de Toro” y “La Barra” para el resto de los meses.



**Figura 23.** Gráfico de NMDS mostrando la ordenación de las localidades por mes de muestreo.

El análisis de clasificación por UPGMA nos muestra la similitud de los grupos de acuerdo a la localidad y mes de muestreo (Figura 24). La localidad de “Cabeza de Toro” presenta una similitud en el mes de mayo con el mes de septiembre (0.80%), y de noviembre con el mes de marzo (0.68%). Para la localidad de “La Barra” se presenta una similitud del mes de marzo con el mes de mayo (0.77%), y el de septiembre presenta una similitud del 0.30% con los meses de marzo y mayo. Por último, la localidad de “La Barra” en el mes de noviembre, presenta una similitud con el grupo de los cuatro meses de muestreo de “Cabeza de Toro” (0.30%).



**Figura 24.** Dendrograma de similitud de acuerdo a las localidades y meses de muestreos.

La prueba de ANOSIM, muestra que los grupos por localidad presentaron un valor alto de  $r= 0.75$  ( $p= 0.1097$ ), mientras que el conjunto agrupado por meses de muestreo presentó un valor bajo de  $r= 0.125$  ( $p= 0.445$ ).

Los resultados obtenidos en la prueba SIMPER, se muestran en el cuadro 8. Este análisis mostró que, entre localidades, la disimilitud media fue de 91.5%, siendo los taxones que más contribuyen en disimilitud acumulada (99.68%) a diferenciar Cabeza de Toro de La Barra fueron *Mytella strigata*, *Balanus sp.*, *Saccostrea palmula* y los Isopoda.

Por otra parte, en el mismo cuadro se muestran los valores obtenidos entre las temporadas: la disimilitud media fue de 75.16%, y los taxones que más contribuyeron en la disimilitud acumulada fueron solo *Mytella strigata*, *Balanus sp.*, *Saccostrea palmula* con un 97.58%, al comparar entre los meses de lluvias y secas del muestreo.

**Cuadro 8.** Comparación de los valores obtenidos de la prueba de SIMPER, por localidad (Cabeza de Toro-La Barra) y por temporada (Lluvias y Secas).

| TAXÓN                     | LOCALIDAD         |                |           | TEMPORADA         |                |           |
|---------------------------|-------------------|----------------|-----------|-------------------|----------------|-----------|
|                           | Disimilitud media | Contribución % | Acumulada | Disimilitud media | Contribución % | Acumulada |
| <i>Mytella strigata</i>   | 61.24             | 66.93          | 66.93     | 53.42             | 71.07          | 71.07     |
| <i>Balanus sp.</i>        | 29.08             | 31.78          | 98.71     | 16.81             | 22.37          | 93.44     |
| <i>Saccostrea palmula</i> | 0.5607            | 0.6127         | 99.33     | 3.11              | 4.14           | 97.58     |
| Isopodos                  | 0.3282            | 0.3587         | 99.68     | -                 | -              | -         |

### 7.8 Relación entre salinidad/diámetro de raíces con la abundancia y diversidad de macroinvertebrados.

En el cuadro 9 se observa los resultados de los promedios y desviación estándar del diámetro de las raíces de *Rhizophora mangle*, donde se encontraban adheridos los macroinvertebrados y también se observa los resultados de la salinidad que se presentaban en las diferentes áreas de estudios y en los cuatro meses de muestreo.

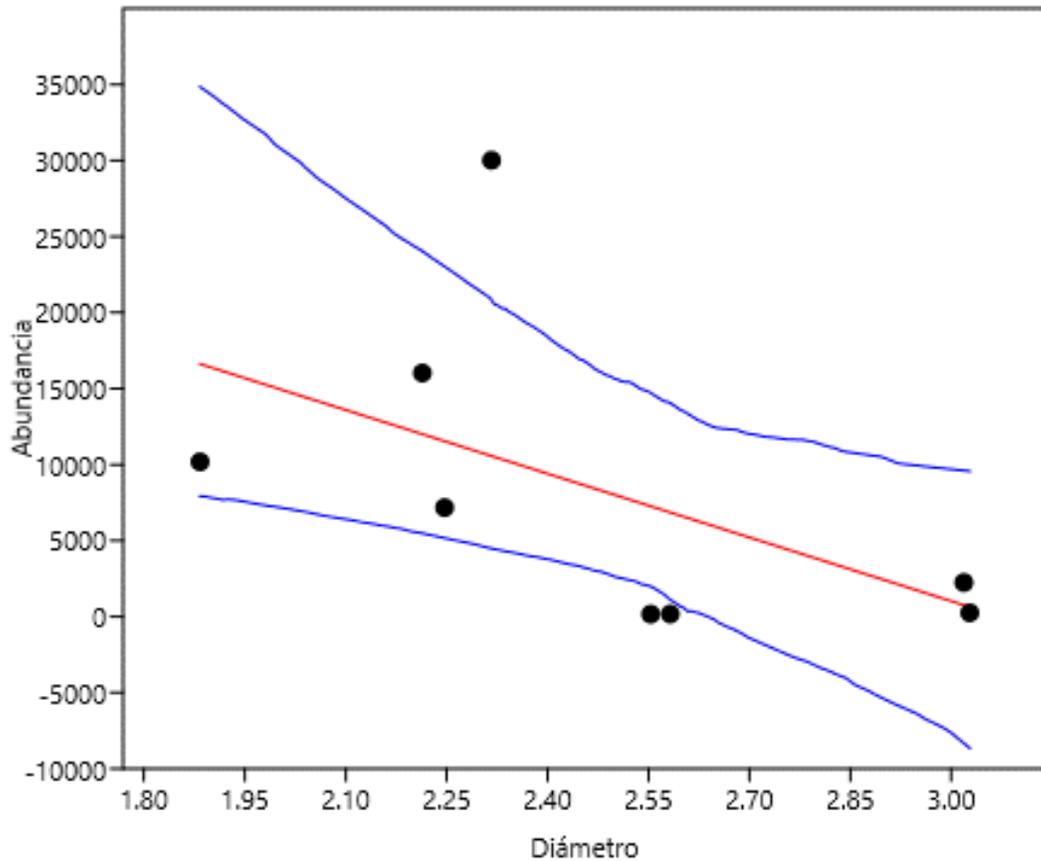
**Cuadro 9.** Valores medios del diámetro de raíces de *R. mangle* y salinidad por localidad y temporada.

| Localidad       | Diámetro de Raíces |                    |             | Salinidad          |                  |              |
|-----------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------------|------------------|--------------|
|                 | Lluvias            | Secas              | Promedio    | Lluvias            | Secas            | Promedio     |
| Cabeza de Toro  | <b>2.28 ± 0.10</b> | <b>2.05 ± 0.19</b> | 2.16 ± 0.15 | <b>5.5 ± 1.73</b>  | <b>43 ± 3.46</b> | 24.25 ± 2.59 |
| La Barra        | <b>3.02 ± 0.18</b> | <b>2.57 ± 0.40</b> | 2.79 ± 0.29 | <b>20.5 ± 6.40</b> | <b>34 ± 2.31</b> | 27.25 ± 4.35 |
| <b>Promedio</b> | 2.65 ± 0.14        | 2.31 ± 0.3         | 2.47 ± 0.22 | 13 ± 4.06          | 38.5 ± 2.88      | 25.75 ± 3.47 |

Los resultados obtenidos de acuerdo a la correlación de Spearman se observan en el Cuadro 10 y Figura 25. Las variables asociadas con una correlación más fuerte (>0.5) fueron Diámetro-Abundancia con un valor de -0.61905. Estas variables se analizaron en un gráfico de relación lineal, encontrándose un valor de la constante  $a = -13970$ , el valor de la pendiente  $b = 42932$  y un coeficiente de correlación  $r^2 = 0.28249$  (Figura 24). Se encontró que esta asociación no resultó significativa ( $t = -1.537$ ;  $p = 0.17521$ ).

**Cuadro 10.** Valores de la correlación de Spearman entre la relación de salinidad, diámetro de raíz, abundancia y diversidad, indicando el nivel de correlación entre variables. El círculo amarillo indica el valor más alto.

|           | Abundancia      | Diversidad |
|-----------|-----------------|------------|
| Salinidad | -0.047619       | 0.11905    |
| Diámetro  | <b>-0.61905</b> | 0.21429    |



**Figura 25.** Gráfica de regresión lineal con límites de confianza de 95%, indicando la relación entre la abundancia de macroinvertebrados y el diámetro de raíces. La línea roja significa el modelo lineal; la línea azul significa el intervalo de confianza; los puntos de color negro significan la abundancia de los macroinvertebrados de acuerdo al diámetro de las raíces.

## VIII. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados de esta tesis, se encontró que la composición taxonómica fue de 23 taxones adheridos a raíces de *Rhizophora mangle* dentro del sistema lagunar La Joya-Buenavista. Con respecto a la diversidad, esta se concentró en “La Barra”, localidad cercana a la bocabarra y con un aporte de constante de agua marina. Respecto a otros estudios realizados en esta misma zona, Ríos *et al.* (2009), para el Golfo de Tehuantepec, reportaron 160 especies de bivalvos y gasterópodos, pero solo nueve taxones fueron recolectados en ambientes de manglar. Por otra parte, Toledo (2021) en la boca barra del sistema lagunar La Joya-Buenavista (Boca del Cielo), reportó un total de 33 taxones presentes entre los hábitats de manglar, rocoso artificial y arenoso. La diversidad entre sus diferentes hábitats se concentró en el manglar, de igual manera no encontró diferencias significativas entre las temporadas evaluadas. Por otra parte, en un estudio sobre macroinvertebrados del río Grijalva, Chiapas de Corzo, tampoco reportaron diferencias significativas entre las temporadas (Gómez, 2023); aunque en este estudio se trata de especies dulce acuícolas; este resultado podría deberse a que no existe una salinidad que limite la distribución de los organismos, indicando en este estudio, el autor indica que se podría verse afectados por la temperatura y el oxígeno disuelto, además, en este caso, la mayoría de los parámetros físico-químicos no presentaron diferencias significativas. En el caso de los ambientes costeros Toledo (2021) señala que la influencia del tipo de hábitat puede resultar más significativa que la temporada dentro de un mismo sistema lagunar.

La riqueza está influenciada por un efecto temporal y por el sitio, con un mayor valor durante los meses de secas y en la zona de “La Barra”; mientras que en la abundancia se detectó un mayor valor en la temporada de lluvias y en zona de “Cabeza de Toro”, este resultado es debido a las condiciones de salinidad. Quijano (2009) reporta que en el complejo de Ciénegas de la Bahía de Cispatá en Córdoba del Caribe Colombiano; la temporada de lluvias tuvo un mayor efecto para la abundancia de moluscos, mientras que algunos crustáceos si resultó más significativa. Este suceso podría deberse a las características cosmopolitas de

algunas especies, que aprovechan una menor abundancia de los moluscos para favorecer el aumento de otros grupos taxonómicos. En este estudio se muestra una diferencia entre zonas, y este resultado es debido a las diferencias geográficas de los sitios, limitando la influencia de los parámetros físico-químicos como la salinidad, temperatura, pH, conductividad, etc.

Jiménez *et al.* (2021) llevaron a cabo un estudio en el sistema lagunar Chacapata-Bocaripo, Venezuela, en la que reportaron las especies dominantes de macroinvertebrados bentónicos relacionados con *Thalassia testudinum*; y en la que los moluscos fueron el grupo más dominante; con especies como *Engoniophus uncinatus* y *Bulla striata*. Por otra parte, reportaron que durante el mes de septiembre encontraron mayor diversidad, y en noviembre la menor, este resultado fue el mismo en todos puntos de muestreos. Lo anterior se debe a que en el mes de septiembre es lluvioso para esa zona, mientras que para noviembre predominan las condiciones secas.

Estos datos son diferentes a los encontrados en La Joya-Buenavista, debido a que Jiménez *et al.* (2021) hace una comparación con la temporalidad de una sola zona, mientras que en este trabajo de tesis se evaluaron dos zonas de muestreos y dos temporadas; en la que por las zonas de ambos estudios hay similitud por la cercanía del agua marina. En este caso, el sistema lagunar “La Joya-Buenavista” presenta una barrera física que es la boca barra y en “Chacopata-Bocaripo” es por medio de una desembocadura de la laguna hacia el mar Caribe. Los resultados obtenidos en esta tesis podrían mostrar que en “La Barra” se encuentra la zona con mayor diversidad taxonómica, y esta diferencia respecto a “Cabeza de Toro”, podría deberse principalmente a la salinidad que hay en el medio acuático, ya que “Cabeza de Toro” es un ambiente lagunar, más alejado de la Boca barra y en la parte interna del sistema lagunar, implicando la disminución de la entrada de agua marina a la laguna; y en tiempo de secas con la evaporación del agua y la ausencia de aportes hídricos de los ríos o arroyos estacionales, crea un ambiente que puede tender a la hipersalinidad (Contreras y Zabalegui, 1991), impidiendo la distribución de macroinvertebrados, y en tiempo de lluvias, por la desembocadura de los ríos, crea

un ambiente con baja salinidad, mientras en la “La Barra” es una zona muy cerca de la boca barra, este fenómeno significa que tiene cerca la entrada de agua marina, manteniendo un balance con la salinidad haciendo un ambiente más adecuado para el desarrollo, distribución y abundancia, de acuerdo a la tolerancia de los taxones, como lo menciona Valverde *et al.*, (2005). También las altas salinidades afectan el estado de los macroinvertebrados, ocasionándoles estrés como consecuencia presentan pérdida de peso, aumentando la tasa de muerte a un 33 % si no se llegaran a desplazar como lo menciona Guerra (2017) en su trabajo de alteración física y biológica del macroinvertebrado del genero *Smicridea* como efecto de cambios de salinidad.

En el caso de la equitatividad, en este estudio no se encontraron diferencias significativas por las zonas de estudio, excepto durante el mes de noviembre, “Cabeza de Toro” mostró un porcentaje más alto que “La Barra” (CT= 0.4205; LB= 0.06893). Díaz *et al.*, (2020) en el estudio de la diversidad taxonómica funcional de los macroinvertebrados en un río de montaña Andino, comentan que la equidad muestra una tendencia similar entre sus zonas de estudio. Por otra parte, en el estudio de García y Palacio (2007) sobre macroinvertebrados asociados a las raíces sumergidas de del mangle rojo (*R. mangle*), mostraron que la equitatividad fluctuó entre un valor de 0.34 para el mes de septiembre y en el mes de noviembre fue de 0.84; de acuerdo con Pérez y Victoria (1977) citado por García y Palacio (2007), afirman que esta variación se debe a las condiciones de salinidad, es reducida en zonas de salinidad mínima y tiende a aumentar conforme al incremento de la salinidad en el ecosistema. Acosta *et al.*, (2014) realizaron un estudio de la estructura comunitaria de bivalvos y gasterópodos en raíces de *R. mangle*, en los análisis describieron que los valores de diversidad de organismos en las raíces de mangle mostraron que la menor riqueza fue de 33 especies, por lo que describieron que obtuvieron una mayor equitatividad en una de las zonas, debido a lo anterior, describieron que puede existir una relación por la complejidad estructural o heterogeneidad de las raíces de mangle en la zona por su mayor desarrollo, lo cual ofrece más variedad de microhábitas eventualmente disponibles para los organismos.

Existe una relación entre la salinidad con la abundancia y diversidad de macroinvertebrados, Márquez y Jiménez (2002) citado en Ruiz y López-Portillo (2014), llevaron a cabo un estudio de moluscos en el Golfo de Santa Fe en Venezuela, este es un sistema costero abierto al mar que recibe descargas directamente del río Santa Fe, la menor riqueza de especies se registró en las zonas con relación a la alta variación de la salinidad, que se ubicó cerca de la desembocadura de este río. Estos resultados contribuyen a evidenciar que el parámetro de salinidad está relacionado con la abundancia, riqueza y diversidad de macroinvertebrados adheridos a raíces de *R. mangle*.

Por otro lado, García y Palacio (2008) realizaron un estudio en el Caribe colombiano, en donde analizaron el comportamiento de la salinidad y las características de la fauna de macroinvertebrados asociados a las raíces de *Rhizophora mangle*. En éste estudio describieron que el comportamiento de la salinidad se encuentra relacionado con los cambios periódicos en el aporte de aguas continentales, que influye de forma determinante en la composición y estructura de la fauna asociada a las raíces de manglar. Debido a que existen pocas especies eurihalinas que presentan la capacidad de tolerar y reproducirse independientemente de las condiciones osmóticas del entorno y, en efecto estos ambientes y su biota pueden sufrir cambios importantes en el tiempo y diferencias significativas en el espacio. Así mismo, en los resultados de este estudio mostraron que la salinidad reporta una tendencia decreciente y señalaron que los valores de salinidad demuestran condiciones típicas de ambientes estuarinos con amplias fluctuaciones y niveles muy bajos en ciertos periodos del año, lo cual demuestra que estas condiciones limitan temporalmente la presencia de macroinvertebrados de origen marino y con una reducida tolerancia a cambios en condiciones osmóticas del entorno.

Cedeño *et al.* (2010) describieron que la relación de las altas salinidades es causada por las altas temperaturas, ocasionando la evaporización y al no haber afluentes fluviales activas, incrementan la salinidad. Mientras que los valores más bajos se registraron en los meses donde hubo fuertes precipitaciones, provocando el

descenso del nivel de salinidad y temperatura, provocando la caída de la abundancia de los organismos para esos meses.

De acuerdo con la relación del diámetro de las raíces de *R. mangle* con la abundancia y diversidad de macroinvertebrados, en esta tesis tenemos como resultado que, en términos de abundancia, la frecuencia más alta se registró en raíces de tallas menores que en tallas grandes como lo fue en la zona de “Cabeza de Toro”; pero en términos de diversidad, se reportaron más presencia de taxones en las raíces de mayor grosor, que en las de menor grosor, como en la zona de “La Barra”. Lárez-Rodríguez *et al.*, (2023) realizaron un estudio de macrofauna bentónica asociada a raíces de *R. mangle* en la Ciénaga de La Palmita, registraron 27 014 organismos en 16 raíces con promedios de  $59.4 \pm 4.37$  cm de longitud y  $6.5 \pm 1.75$  cm de circunferencia, analizan que la diversidad de macrofauna está relacionada a las condiciones ambientes como al mayor desarrollo de las raíces ofreciendo variedad de microhábitats para los organismos en algunos de sus estaciones de muestreo. En otras estaciones encontraron que las actividades antrópicas y la baja marea, sustentan la baja diversidad. Con el resto de las estaciones, la caída de la abundancia y densidad por las raíces en estas estaciones se atribuye al desarrollo del manglar en esa zona, que registraron árboles jóvenes de *R. mangle*.

Por otra parte, Acosta *et al.* (2014), reporta que la baja abundancia y diversidad en raíces mangle en una de sus zonas de muestreo se debe a la dinámica costera de la zona, que hay mayores vientos, originando grandes oleajes, causando el bajo desarrollo de los árboles de manglar y de los organismos en la etapa larvaria. Por último, Moncaelano-Niño (2001), en su estudio de macrofauna invertebrada marina asociada a raíces de *R. mangle* en la Bahía de Barbacoas y en la isla de Barú, afirma que la diferencia de la composición entre las comunidades de macroinvertebrados asociadas a las raíces de mangle rojo están relacionadas con la morfología y el tamaño de la circunferencia y longitud de las raíces.

Finalmente, autores como León *et al.* (2011), remarcan la importancia del ecosistema manglar para los macroinvertebrados, describiendo que la funcionalidad

de los manglares influye en la diversidad de microambientes, facilitando la crianza, protección, desarrollo y fuente de alimento para los organismos marinos, particularmente un gran número de macroinvertebrados marinos y de aquellos que directamente utilizan al manglar como sustrato o hábitat. Desde el interés humano, este recurso es aprovechado por los pescadores, como en el caso de especies de interés comercial, como es el caso de *Mytella strigata* y *Crassostrea sp.* que son componentes de la epifauna de las raíces de mangle y dependen de este ecosistema para el mantenimiento de sus poblaciones.

## IX. CONCLUSIONES

- Se identificaron un orden, 17 familias, 17 géneros y 15 especies de macroinvertebrados, reportando así 23 taxones presentes dentro del sistema lagunar “La Joya-Buenavista”, en ambas temporadas.
- Se registró una abundancia numérica de 63,410 macroinvertebrados asociados a raíces de *R. mangle* en el sitio de “Cabeza de Toro”, mientras que en “La Barra” se contabilizaron 2,853 organismos; obteniendo un total de 66,263 macroinvertebrados.
- En el sitio “Cabeza de Toro” se registraron cinco taxones presentes, mientras que para el sitio “La Barra” se identificaron 22 taxones. Por otra parte, respecto a la riqueza por temporada, se identificaron 15 taxones para los meses de lluvias, mientras que en los meses de secas se registraron 21 taxones, para ambos sitios.
- De acuerdo a este estudio, el patrón de salinidad durante los meses de secas y el sitio de “La Barra”, crearon ambientes similares para el establecimiento de macroinvertebrados en raíces de *R. mangle* dentro del sistema lagunar.
- La mayor diversidad (índice de Shannon-Wiener y N1 de series de Hill) de macroinvertebrados asociados a *R. mangle* dentro del sistema lagunar se concentró en el sitio de “La Barra”, debido a una mayor afluencia de agua marina del océano Pacífico con dicho sitio.
- Los dos taxones con valor de importancia del sistema lagunar “La Joya-Buenavista” fueron *Mytella strigata* y *Balanus sp.*
- De acuerdo con el valor de importancia relativa para la temporada de lluvias, las especies más relevantes fueron *Mytella strigata* (41.33%) y *Balanus sp.* (17.08%), siendo los registros más dominantes de un total de 15 taxones identificados; mientras que en la temporada de secas las especies que más dominaron en valor importancia relativa fueron *Mytella strigata* (37.20%), *Balanus sp.* (18.78%) y *Saccostrea palmula* (3.77%) de un total de 21 taxones en esta temporada. Para el sitio de “Cabeza de Toro” los taxones que dominaron el valor de importancia relativa fueron *Mytella strigata* (47.95%) y *Balanus sp.* (26.93%) de cinco taxones identificados; por último,

el sitio de “La Barra”, el valor de importancia relativa que domino fueron los taxones de *Mytella strigata* (46.49%) y *Saccostrea palmula* (9.06%) de 22 taxones identificados.

- Los cambios drásticos de salinidad en ambas temporadas, influyeron más en la zona de “Cabeza de Toro”, que en la zona de “La Barra”.
- Por último, se concluye que el diámetro de las raíces de *R. mangle* influye en términos de abundancia y diversidad, registrando que a menor diámetro de raíz se encuentra una mayor abundancia y en raíces de mayor diámetro se registra una mayor riqueza y baja abundancia de macroinvertebrados marinos.

## X. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de macroinvertebrados asociados a raíces de manglar, incrementando el número de sitios de muestreos dentro del sistema lagunar La Joya-Buenavista, a fin de obtener listados taxonómicos que corroboren las especies obtenidas o permitan incrementar la riqueza.
- Se recomienda realizar los estudios de macroinvertebrados asociados a manglar en series de tiempo prolongadas, a fin de detectar patrones de variación temporal más precisos.
- Realizar estudios similares en otros sistemas lagunares costeros del estado de Chiapas y bajo distintos escenarios de conservación e impacto, a fin de establecer una base para la construcción de herramientas bioindicadoras.
- Por otra parte, se recomienda tomar muestras en diferentes tipos de hábitats como en el sustrato, en rocas, pastos marinos y sustratos flotantes como trozos de madera o algas, a fin de detectar grupos de hábitos crípticos.
- Hacer estudios morfométricos y biométricos de macroinvertebrados asociados a raíces de mangle.
- Crear una lista taxonómica de macroinvertebrados asociados a manglar de Chiapas, compilando los resultados de este estudio y otros, que permitan completar análisis a escala macro-ecológica.
- Por último, se recomienda hacer una guía ilustrativa o fotográfica local, con las muestras obtenidas de este estudio.

## XI. REFERENCIAS

- Acosta, V., Betancourt, R. y Prieto, A. 2014. Estructura comunitaria de bivalvos y gasterópodos en raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en isla Larga, bahía de Mochima, Venezuela. *Revista de biología tropical*. 2(62): 551-565
- Alba-Tercedor, J. y Sánchez-Ortega, A. 1988. Un meto rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*. 8(1): 51-56.
- Álvarez, F., Villalobos, J., Hendrickx, M., Escobar-Briones, E., Rodríguez-Almaraz, G. y Campos, E. 2014. Biodiversidad de crustáceos decápodos (Crustacea: Decapoda) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. (85): 208-219.
- Baderan, D., Hamidun, M., Utina, R., Rahim, S. y Dali, R. 2019. The abundance and diversity of Mollusks in mangrove ecosystem at coastal area of North Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 4(20): 987-993.
- Bastida-Zavala, J. R. y García-Madrugal, M. S. 2022. La biodiversidad de invertebrados marinos del Pacífico sur de México. En: Bastida-Zavala, J. R. y García-Madrugal, M. S. (Eds.) *Invertebrados marinos y costeros del Pacífico sur de México*. UMAR, GEOMARE. Sinaloa, México. Pp. 01-09.
- Boshi, E. 2016. La clasificación de los crustáceos. *El mar argentino y sus recursos pesqueros*. 6: 11-13.
- Borwer, J. y Zar, J. 1977. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown, Dubuque, Iowa. 194 pp.
- Camacho, H. H y Del Rio C. J. 2008. Gastropoda. En: Camacho, H. (Ed.). *Los invertebrados fósiles*. Vázquez Mazzini. Buenos Aires, Argentina. Pp. 323-376
- Camacho-García, Y., Gosliner M. T. y Valdés, A. 2005. *Guía de campo de las babosas marinas del pacífico este tropical*. San Francisco, California, Estados Unidos de América. Pp. 08-26.

- Camacho, H., Damborenea, S. y del Rio, C. 2008. Bivalvia. En: Camacho, H. (Ed.). Los invertebrados fósiles. Vázquez Mazzini, Universidad de Maimónides. Buenos Aires, Argentina. Pp. 387-440.
- Carvajal-Oses, M., Herrera-Ulloa, A., Valdés-Rodríguez, B. y Campos-Rodríguez, R. 2019. Manglares y sus servicios económicos: Hacia un desarrollo sostenible. *Gestión y Ambiente*. 22(2): 277-290.
- Castillo-Rodríguez, Z. 2014. Biodiversidad de Moluscos marinos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. (85): 419-430.
- Cedeño, J., Jiménez, M., Pereda L. y Allen T. 2010. Abundancia y riqueza de moluscos y crustáceos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en la laguna de Bocaripo, Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. (44): 213:226
- Cintrón, G. y Schaeffer-Novelli, Y. 1983. Introducción a la ecología del manglar. UNESCO, Montevideo. 109 pp.
- Clarke, R. y Gorley, N. 2006. PRIMER 6: User manual/tutorial. PRIMER-E. Plymouth. United Kingdom.
- Contreras, F. 1988. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. México, D.F. Pp. 117-118.
- Contreras-Espinoza, F. y Zabalegui-Medina, L. 1991. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en la laguna La Joya-Buenavista, Chiapas, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*. 2(18): 207-215.
- CONABIO, 2022. Extensión y distribución de manglares. <https://www.biodiversidad.gob.mx/monitoreo/smmm/extensionDist>
- Cortez-Guzmán, D., Alcocer, J. y Oseguera, L. 2019. Diversidad de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos de los lagos de Montebello, Chiapas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. (99) e902769
- Darrigran, G. 2013. Los moluscos bivalvos. Aportes para su enseñanza: teoría-métodos. Universidad de La Plata. Buenos Aires, Argentina. Pp. 06-26.
- Darrigran, G., Vilches, A., Legarralde, T. y Maroñas, M. 2013. La anatomía de los moluscos bivalvos. Un instrumento para el abordaje de la estructura y

función en Biología. En: Darrigran, G. (Ed). Los moluscos bivalvos. Aportes para su enseñanza: teoría-métodos. Universidad de La Plata. Buenos Aires, Argentina. Pp. 27-42.

- Del Pilar, Y., Giménez, F., Ossa, J., Sánchez, J. y Ramos, A. 2013. Guía práctica para la identificación de familias de poliquetos. Ed. Club Universitario. España. Pp. 07-09.
- Desai, D., Gardade, L., Khandeparker, L. y Chandrashekar, A. 2020. Las características del hábitat mediaron en la partición de bivalvos económicamente importantes en un estuario influenciado por un monzón tropical. *Environmental Science and Pollution Research*. 27: 29303-29326.
- Díaz, C., Motta-Díaz, A. y Aranguren-Riaño, N. 2020. Estudio de la diversidad taxonómica y funcional de los macroinvertebrados en un río de montaña Andino. *Biología Tropical*. 2(68): 132-149.
- Díaz-Gaxiola, J. 2011. Una revisión sobre los manglares: Características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema lagunar Topolobampo. *Ra Ximhai. Revista de sociedad, cultura y desarrollo sustentable*. 7(3): 355-369.
- Díaz-Gaxiola, J. M. 2012. Macroinvertebrados asociados a manglar como indicadores del impacto en el hábitat de las Bahías de Ohuira y Topolobampo, Sinaloa, México. Tesis de Doctorado. Coordinación General de Investigación y Postgrado. Universidad Autónoma Indígena de México. México.
- Ellison, AM, Farnsworth, EJ y Twilley, RR (1996). Mutualismo facultativo entre manglares rojos y esponjas que ensucian las raíces en el manglar de Belice. *Ecología*, 77, 2431-2444.
- FAO. 2007. The world's mangroves 1980-2005. Forestry paper No. 153. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma, Italia.
- Félix-Pico, E., Holguin-Quiñones, O. y Escamilla-Montes, R. 1993. Macroinvertebrados marinos asociados al manglar. En: Félix-Pico, E.,

- Serviere, E., Riosmena. R. y León, J. Los manglares de la península de Baja California. CICIMAR-IPN, CIB, UABCS. Baja California Sur, México. Pp. 203-232.
- Félix-Pico, E., Ramírez-Rodríguez, M. y López-Rocha, J. 2015. Secondary Productivity of Mollusks in mangrove Estuaries of Ensenada de La Paz, Baja California Sur, México. *American Fisheries Society*. 85: 000-000.
  - Gamboa, M., Reyes, R. y Arrivillaga, J. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 48(2): 109-120.
  - Galicia-García, M., Romero-Berny, E., Mera-Ortiz, E. y López-Vila, J. 2019. Efecto del hábitat sobre la avifauna del sistema lagunar costero La Joya-Buenavista, Chiapas, México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 17(6): 317-331.
  - García, M. M. S., Jarquín, G. J. y Morales, D. E. 2012. Panorama del estado del conocimiento de los crustáceos del Pacífico sur de México. En: Sánchez, A. J., Chiappa, X. C. y Brito, P. R. (Eds.). Recursos acuáticos costeros del sureste Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Académica Sisal. Mérida, Yucatán. Pp. 396-414.
  - García, J. y Palacio, J. 2007. Macroinvertebrados asociados a las raíces sumergidas del Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) en las bahías Turbo y El Uno, Golfo de Urabá (caribe colombiano). *Gestión y Ambiente*. 3(11): 55-66
  - González, F., Holguín, O. y De la Cruz, G. 2006. Variación espacio temporal de algunos macroinvertebrados (Gasterópoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Ciencias marinas*. 1(32): 33-44.
  - Gómez-Gutiérrez, K. A. 2023. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del Rio Grijalva, Chiapa de Corzo, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Chiapas, México.
  - Guerra-Jara, D. A. 2017. Alteración física y fisiológica en un macroinvertebrado acuático (genero Smicridea) como efecto de cambios en

- la salinidad. Tesis de ingeniería. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad de las Américas de Puebla. Puebla, Puebla.
- Guinard, J., Ríos, T. y Bernal, J. 2013. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*. 2(16): 61-70
  - Grillet, M., Del Ventura, F., Noya, O., Alarcón, B. y Jean-Pierre, P. 2016. Distribución de moluscos (Gastropoda) de importancia medica en Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*. 2(56): 211-228.
  - Hanson, P., Springer, M. y Ramírez, A. 2010. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*. (48): 03-37.
  - Harris, L., Leo-Gonzales, J. y Salazar-Vallejo, S. 2009. Morfología, métodos, claves para familias y clasificación. En: León-Gonzales, J., Bastida-Zavala, J., Carrera-Parra, L., García-Garza, M., Peña-Rivera, A., Salazar-Vallejo, S. y Solis-Weiss, S. (Eds). Poliquetos (Annelida:Polichaeta) de México y América Tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León. México. Pp. 03-32.
  - Helm, M. y Boune, N. 2006 Cultivo de bivalvos en criadero. Servicios de Recursos de aguas Continentales y Acuicultura. Dirección de Recursos pesqueros de la FAO. Roma, Italia. Pp. 19-29.
  - Hogarth, P. (1999). The biology of mangroves. New York, USA: Oxford University Press. Pp. 12-16.
  - Ibrahim, A., Fouda, M. y Abdou, N. 2015. Macro-invertebrates Fauna of Mangrove Ecosystem in Sinai, Egypt. *International Journal of Advanced Research*. 11(3): 1577-1594.
  - Jiménez-Ramos, E., Acosta-Balbas, V., Hernández, L. y Frontado, J. 2019. Registro malacológico del Sistema Lagunar Bocaripo, Costa Nororiental de Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 3(53): 255-264
  - Jost, L. (2006) Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363–375.

- Ladrera-Fernández, R. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de información ambiental*. 39: 25-26.
- Lárez-Rodríguez, L., Nava-Ferrer, M., Mendoza-Luzardo, J., Hernández-Pulgar, N. y Cabrera-Salas, L. 2023. Macrofauna bentónica asociada raíces de *Rhizophora mangle* en la Ciénaga de la Palmita, Sistema de Maracaibo, Venezuela. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*. 1(15): 53-74
- León-González, J., Bastida, J., Carrera, L., García, M., Peña, A., Salazar, S. y Solís, V. 2009. Poliquetos (annelida: polychaeta) de México y América tropical. UANL. Monterrey, Nuevo León, México. Pp. 01-636.
- León, J., Félix-Pico, E., Riosmena-Rodríguez, R. y Serviere-Zaragoza, E. 2011. Los manglares de la Península de Baja California. CIBNOR. Baja California Sur. México. Pp. 01-05.
- López, P. J. y Ezcurra, E. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*. Es1(8): 27-51.
- Lozano, L. O. 2005. La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. *Umbral Científico*. 7: 05-11.
- Ma, W., Wang, M., Wang, W., Liu, Y., Luo, L. y Tang, C. 2018. Biodiversity of mangrove mollusks in the west coast of Hainan Island, China. *Biodiversity Science*. 26(7): 707-716.
- Macroinvertebrados marinos: indicadores y estudios ambientales. 2013. Biosfera consultoría medioambiental. <https://biosfera.es/macroinvertebrados-marinos-indicadores-y-estudios-ambientales/>. Consultado el 06 de octubre del año 2022.
- Méndez, J. 2014. Moluscos. Bivalvos. <https://www.asturnatura.com/moluscos/bivalvos.html>. Consultado el 28 de noviembre del 2022.
- Moncaleano-Niño, A. L. 2001. Macrofauna invertebrada marina asociadas raíces de *Rhizophora mangle* en la Bahía de Barbacoas y en la Isla de Barú

- (Cartagena de la Indias-Colombia). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Básicas. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Moreno, E. C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. Zaragoza.
  - Onyena, P.A. y Sam, K. 2020. Una revisión de la amenaza de la explotación petrolera para el ecosistema de manglares: perspectivas del delta del Níger, Nigeria. *Global Ecology and Conservation*. (22): 01-12.
  - Ovalle-Estrada, F. y Vázquez-Lule, A. D. 2009. Caracterización del sitio de manglar La Joya, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO. México, D.F. Pp. 02-06.
  - Penagos, F. 2013. Moluscos marinos, gasterópodos y lamelibranquios de la costa de Chiapas, México. UNICACH. Chiapas, México. Pp. 29-104.
  - Penagos, F., Lam, O., Ramírez, G. y Rivera, G. 2013. Pesquería artesanal del ostión (Ostreidae) en las escolleras de Puerto Chiapas, México. 1(7): 67-72.
  - Prat, N., Ríos, B., Acosta, R. y Rieradeval, M. 2008. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua. En: Domínguez, E. y Fernández, H. R. (Eds). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina. Pp. 01-21.
  - Quijano-Tristancho, J. 2009. Macroinvertebrados asociados a las raíces de mangle rojo (*Rhizophora mangle*, Linnaeus 1753), en el complejo de Ciénagas de La Bahía de Cispatá, Córdoba Caribe Colombiano. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.
  - Ríos-Jara, E., Navarro-Caravantes, C., Galván-Villa, C. y López-Uriarte, E. 2009. Bivalves and Gastropods of the Gulf of Tehuantepec, México: a Checklist of Species with Notes on Their Habitat and Local Distribution. *Journal of Marine Biology*. 4: 01-12.
  - Risquez, A. 2021. Los gusanos Poliquetos. <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item->

27/17-ciencia-hoy/1381-los-gusanos-poliquetos. Consultado el 20 de enero del 2023.

- Rodríguez-Zúñiga, M.T., Troche-Souza, C., Vázquez-Lule, A.D., Márquez-Mendoza, J.D., Vázquez-Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López, M.I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., Fueyo-Mac Donald, L. y Galindo-Leal, C. 2013. Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional de para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. Pp. 11-14.
- Rojas, J. y Vidal, R. M. 2008. Catálogo tipológico de humedales lacustres y costeros del estado de Chiapas. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. Pp. 07-41.
- Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 23 (88): 175-187.
- Romero-Berny, E., Velázquez-Velázquez, E., Anzueto-Calvo, M., Urbina-Trejo, E. y Schmitter-Soto, J. 2018. Peces de tres sistemas estuarinos lagunares en el noreste del Golfo de Tehuantepec, Pacífico sur mexicano. *Revista mexicana de biodiversidad*. 89: 87-100.
- Royo, M., Torres, J., Tena, J. y Valero, M. 2009. Comunidad de poliquetos de los fondos blandos de la playa de Canet d'en Berenguer. *Instituto de Investigación en Medio Ambiente y Ciencia Marina*. 2: 41-49.
- Ruiz, M. y López-Portillo, J. 2014. Variación espacio-temporal de la comunidad de macroinvertebrados epibiontes en las raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) en la laguna costera de La Mancha, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*. 4(62): 1309-1330.
- Sánchez, M. y Ponce, M. 1996. Métodos hidrobiológicos II. Estudio y colecta de organismos marinos, estuarino-lagunar y de agua dulce. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztalapa. México D.F. Pp. 105-125.

- Santamaría, S. 2013. Caracterización estructural y cambios en la cobertura del manglar en el sistema lagunar Los Patos-Sólo Dios en la costa de Chiapas. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México.
- Satheesh, K. y Basheer, A. 2013. La distribución y diversidad de la fauna de macroinvertebrados bentónicos en los manglares de Pondicherry, India. *Aquatic Biosystems*. 15(9): 02-18.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016. Los Manglares Mexicanos. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/manglares-mexicanos#:~:text=Su%20superficie%20en%20el%20territorio,globales%20de%20carbono%20por%20a%C3%B1o>. Citado el 28 de enero del 2023.
- Sevilla, M. 1995. Moluscos de la franja costera de Chiapas, México. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. Pp. 22-135.
- Simoes, N., *et al.*, 2010. Crustáceos. En: Duran, R. y Méndez, M. (Eds.). Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SENUMA. Mérida, Yucatán, México. Pp. 223-225.
- Strong, E. E., Gargominy, O., Ponder, W. F. y Bouchet, P. 2008. Diversidad Global de gasterópodos (Gastropoda; Mollusca) en agua dulce. *Hidrobiología*. 595: 149-166.
- Suárez, S. 2012. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad de agua en el Rio Gil González y tributarios más importantes, Rivas, Nicaragua. *Revista Universidad y Ciencia*. 9(6): 38-46.
- Toledo, J. 2021. Composición y distribución espacio-temporal de macroinvertebrados en la bocabarra del sistema lagunar La Joya-Buena Vista, Tonalá, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Chiapas, México.
- Tovar-Hernández, M., Salazar-Silva, P., León-González, J., Carrera-Parra, L. y Salazar-Vallejo, S. 2014. Biodiversidad de Polychaeta (Annelida) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. (85): 190-196.
- Urgorri, V., Trigo, J., García-Álvarez, O., Rolán-Mosquera, E., Díaz-Agras, G., Señarís, M. y Troncoso, J. 2017. Inventario de la biodiversidad marina de

Galicia: Proyecto LEMGAL. Consellería do Mar, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela, España. Pp. 275-277

- Varela, A. y Barbosa, W. 2020. Captura, selección e ingestión de partículas de Ostreidae (Bivalvia): *Crassostrea sp. AquaTechnica*. 2(3): 161-181.
- Velázquez-Pérez, C., Tovilla-Hernández, C., Romero-Berny, E.I. y Jesús-Navarrete, A. D. 2019. Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México. *Madera y Bosques*. 3(25): e2531885
- Voronezhskaya, E. y Croll, P. 2015. Mollusca: Gastropoda. En: Schmidt-Rhaesa, A., Harzsch, S. y Purschke, G. (Eds). Estructura y Evolución de los Sistemas Nerviosos de Invertebrados. Universidad de Oxford. Reino Unido. Pp. 196-221.
- Zelaya, D. y Güller, M. 2014. Bivalvia. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires, Argentina. Pp. 147-157.

## ANEXOS

### Trabajo de campo.



Corte de la raíz del manglar para la y toma de muestras (con apoyo del Dr. Romero-Berni, Elsy Gabriela Lorenzana-Manuel, Adriana, Viridiana, Daniel A. Romero Gil, Mélida Velasco morales y Ángel Antonio Romero Velasco).



Medición de Salinidad con ayuda de un refractómetro.

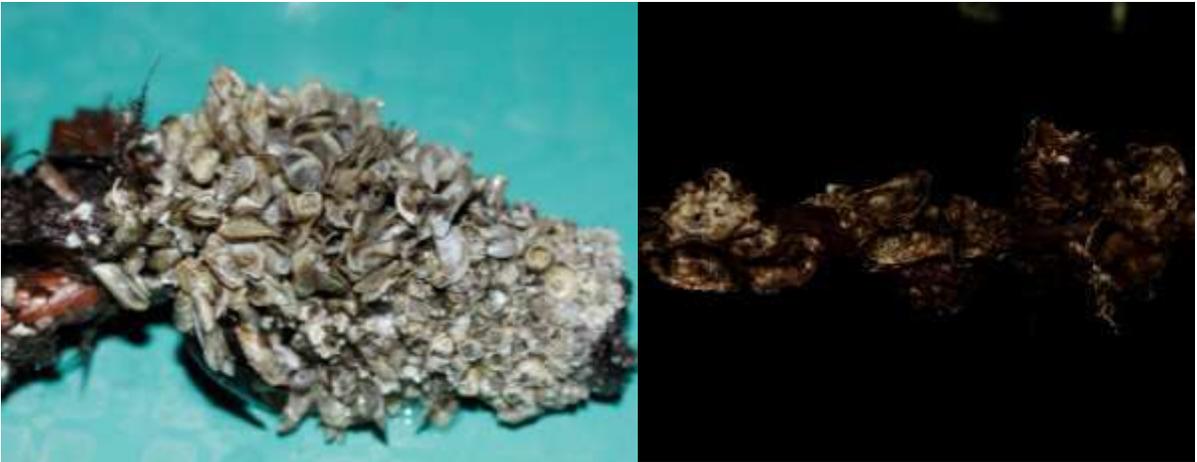


Medición del largo total y largo a la marca de agua, de la raíz del manglar.

### **Laboratorio.**



Separación de los organismos adheridos a las raíces (con apoyo del Dr. Romero-Berny y Viridiana).



Raíces de *Rhizophora mangle* con macroinvertebrados adheridos



*Balanus* sp. con *Mytella strigatas* adheridas y con tubos de poliquetos