



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA ASOCIADA A  
LAS RAÍCES DE *Rhizophora mangle* EN LA BAHÍA DE  
CHETUMAL QUINTANA ROO.**

**TESIS**

**Para obtener el grado de  
Ingeniero Ambiental**



**PRESENTA**

**JULIO CESAR RODRIGUEZ ACOSTA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS**

**ASESORES**

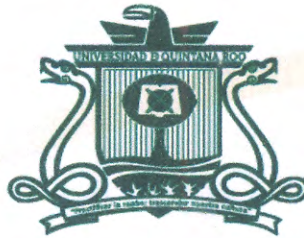
**M.C. RUSSELL GIOVANNI UC PERAZA**

**DR. ADRIÁN CERVANTES MARTÍNEZ**

**Q.F.B. JOSÉ LUIS GONZÁLEZ BUCIO.**

**DRA. NORMA ANGÉLICA OROPEZA GARCÍA.**





**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA ASOCIADA A  
LAS RAÍCES DE *Rhizophora mangle* EN LA BAHÍA DE  
CHETUMAL QUINTANA ROO.**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**COMITÉ DE TESIS**

**DIRECTOR:**

  
DR. VÍCTOR HUGO DELGADO BLAS



**ASESOR:**

  
M.C. RUSSELL GIOVANNI UC PERAZA

**ASESOR:**

  
DR. ADRIÁN CERVANTES MARTÍNEZ



CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2016

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a las personas que me apoyaron en la elaboración de esta tesis en especial a mi asesor el Dr. Víctor Hugo Delgado Blas, que con su apoyo, paciencia y consejos fueron una guía durante el desarrollo de tesis.

A mis asesores propietarios M.C. Russell Giovanni Uc Peraza y al Dr. Adrián Cervantes Martínez y también a los asesores suplentes Q.F.B. José Luis González Bucio y la Dra. Norma Angélica Oropeza García por el tiempo brindado en la revisión de este trabajo de tesis y por las correcciones realizadas.

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me formaron profesionalmente, enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día. M. I. A. Ávila Reveles Juan Carlos, Dr. Canché Uuh José Alfonzo, Dr. Carrión Jiménez José Manuel, Dr. Delgado Blas Víctor Hugo, Biól. Flores Castillo Laura Patricia, Q. F. B. González Bucio José Luis, Ing. Guevara Franco José Luis, Dra. Oropeza García Norma Angélica y M. C. Rivero Rodríguez José Martin.

A todos mis compañeros y amigos de la carrera. Les agradezco por todos los momentos que pasamos juntos y por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencia que nunca voy a olvidar. Sin nada más que decir les deseo suerte a todos y que Dios bendiga cada uno de nuestros caminos, y si el destino lo quiere, nos reencontremos mucho más adelante.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Que han dado todo el esfuerzo para que este culminando esta etapa de mi vida y darles las gracias por apoyarme en todos los momentos difíciles, como en la felicidad y la tristeza, siempre han estado conmigo y gracias a ellos soy lo que ahora soy. Los amo.

### **A mis abuelos:**

Que siempre han sido una motivación y ejemplo a seguir por todo el trabajo duro que han hecho para salir adelante y gracias a ellos sigo siendo una persona de bien pese a cualquier cosa.

### **A mis tíos:**

Elena rodríguez utrera y Jaime guzmán Crisanto. Por el apoyo moral que de una u otra manera estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindado todo su apoyo incondicional estos años y por recibirme en su casa, gracias.

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>Página</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>III</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>VI</b>
<i>Figuras.....</i>	<i>VI</i>
<i>Tablas.....</i>	<i>VI</i>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
1.2 <i>Antecedentes. ....</i>	<i>6</i>
1.3 <i>Justificación. ....</i>	<i>7</i>
1.4 <i>Objetivos. ....</i>	<i>8</i>
1.4.1 <i>Objetivo general.....</i>	<i>8</i>
1.4.2 <i>Objetivo específicos.....</i>	<i>8</i>
1.5 <i>Hipótesis. ....</i>	<i>8</i>
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>9</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 <i>Área de estudio. ....</i>	<i>10</i>
2.2 <i>Materiales y métodos.....</i>	<i>11</i>
2.3 <i>Análisis de la estructura de la comunidad.....</i>	<i>14</i>
2.3.1 <i>Diversidad ecológica.....</i>	<i>14</i>
2.3.2 <i>Índices de Similitud/Disimilitud.....</i>	<i>16</i>
2.3.3 <i>Métodos gráficos/distribucionales .....</i>	<i>17</i>

<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>20</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>20</b>
3.1 <i>Estructura de la fauna asociada las raíces de Rhizophora mangle.</i> .....	20
3.2 <i>Identificación taxonómica.....</i>	21
3.3 <i>Estructura comunitaria.....</i>	25
3.4 <i>Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (H') y la Equidad de Pielou (J').</i> .....	26
3.5 <i>Resultados del índice de similitud del coeficiente de Sørensen y Abundancia.</i> .....	28
3.6 <i>Resultados del cálculo de la biomasa total (método clásico).</i> .....	29
3.7 <i>Métodos gráficos/distribucionales resultados de la distribución log normal.</i> .....	30
3.8 <i>Parámetros hidrológicos en las estaciones de muestreo.</i> .....	32
3.9 <i>Comportamiento de la riqueza de especies, abundancia, biomasa con respecto a las variables ambientales.</i> .....	32
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>36</b>
<b>DISCUSIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>39</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>43</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO VII .....</b>	<b>45</b>
<b>LITERUATURA CITADA .....</b>	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO VIII.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Bahía de Chetumal</i> (Tomado de Espinoza Ávalos, 2009).....	11
<b>Figura 2.</b> Estaciones de colecta en la Bahía de Chetumal.....	13
<b>Figura 3:</b> Cambios en la abundancia relativa de las especies, como resultado del aporte de materia orgánica, evidenciando por la LN, antes, durante, y después del impacto (Modificado de gray, 1981b). .....	18
<b>Figura 4.</b> Número total de clases en la colecta en la Bahía de Chetumal.....	20
<b>Figura 5.</b> Riqueza y abundancia de familias en la Bahía de Chetumal. ....	24
<b>Figura 6.</b> Número total de especies de la colecta en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.....	25
<b>Figura 7.</b> Abundancia promedio por estaciones de la Bahía de Chetumal, Punta Catalán (PC), Descarga de Proterritorio (DP). UQROO (Universidad de Quintana Roo), Refugio de Aves (RA), Muelle Fiscal (MF), Monumento al Renacimiento (MR), DINA.. .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Índice de Shannon-Wiener y Equidad de Pielou en las 7 estaciones muestreadas, PC, DP, UQROO, RA, MF, MR, y DINA</i> .....	28
<b>Figura 9.</b> Dendrograma del coeficiente de Bray-Curtis en las estaciones DP, DINA, MR, MF, RA, UQROO, y PC.....	29
<b>Figura 10.</b> Biomasa total y riqueza específica para las diferentes estaciones en la Bahía de Chetumal Quintana Roo, FC, DP, UQROO, RA, MF, MR, y DINA. ....	30
<b>Figura 11.</b> Resultados de la distribución log normal para la Bahía de Chetumal Quintana Roo. ....	31
<b>Figura 12.</b> Distribución espacial del número de especies con respecto a la salinidad en la Bahía de Chetumal Quintana Roo. ....	33
<b>Figura 13.</b> Distribución espacial del número de especies con respecto al oxígeno disuelto en la Bahía de Chetumal Quintana Roo. ....	34
<b>Figura 14.</b> Distribución espacial del oxígeno disuelto con respecto a la salinidad en la Bahía de Chetumal Quintana Roo. ....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Relación entre los valores de índice de diversidad con la contaminación del agua (Wilhm y Dorris, 1968).....	15
<b>Tabla 2:</b> Relación entre los valores de equidad con la homogeneidad.....	16
<b>Tabla 3:</b> Relación con los valores del índice de Sørensen con la similitud.....	17
<b>Tabla 4:</b> Parámetros fisicoquímicos del agua superficial de las estaciones de muestreo.....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Figuras

<b>Figura 15.</b> Organismos de <i>Rhizophora mangle</i> A) <i>Mytilopsis sallei</i> , B) <i>Ficopomatus miamiensi</i> y C) <i>Capitella</i> sp. ....	52
<b>Figura 16.</b> Organismos de <i>Rhizophora mangle</i> A) <i>Sabellidae</i> sp., B) <i>Laonereis culveri</i> y C) <i>Polydora</i> sp. ....	53
<b>Figura 17.</b> Organismos de <i>Rhizophora mangle</i> A) <i>Grandidierella</i> sp., B) <i>Anopsilana jonesi</i> , C) <i>Grandidierella megnae</i> y D) <i>Chironomidae</i> sp.....	54
<b>Figura 18.</b> Organismos de <i>Rhizophora mangle</i> A) <i>Uromunna</i> sp., B) <i>Sphaeroma terebrans</i> , C) <i>Sphaeroma</i> cf. <i>terebrans</i> y D) <i>Hyale</i> sp.. ....	55
<b>Figura 19.</b> Organismos de <i>Rhizophora mangle</i> A) <i>Cassidinidea ovalis</i> , B) <i>Sinelobus stanfordi</i> , C) <i>Cyathura polita</i> D) <i>Corophium louisianum</i> y E) <i>Melita</i> cf. <i>nítida</i> . ....	56

### Tablas

<b>Tabla 5.</b> Taxones obtenidos por estación con su índice de Shannon- Wiener (H'), equidad de Pielou (J'), y biomasa .....	51
---	----



CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA ASOCIADA A LAS RAÍCES DE *Rhizophora mangle* EN LA BAHÍA DE CHETUMAL QUINTANA ROO.

RESUMEN

La Bahía de Chetumal es un sistema costero de tipo y origen cárstico somero con profundidades de 1 a 5 m con la menor profundidad en los márgenes de la Bahía. Es un ambiente estuarino de baja productividad con escasa influencia marina y elevados aportes de agua dulce proveniente del Río Hondo, con débiles corrientes internas originadas por la acción de vientos alisios de este y sureste, con direcciones dominantes al noreste, por lo que la renovación y circulación de las aguas y sus nutrientes se consideran lentas. En este estudio se caracterizó la estructura comunitaria y composición de la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* y su relación con parámetros fisicoquímicos. Se recolectaron 14 raíces en el período de secas en siete estaciones, dos raíces por estación de muestreo en la línea de costa de la Bahía de Chetumal. También, se midió la temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto y pH en cada estación. Se determinó la abundancia, biomasa y riqueza específica, a lo largo de 12 km de la costa. Se registraron un total de 13,118 especímenes y una biomasa total de 5.45 g, se identificaron 12 especies de crustáceos, cinco de poliquetos, una de bivalvia y uno de insecto. Siendo *Corophium louisianum*, *Grandidierella* sp. y *Sinelobus stanfordi* las más abundantes, y las de mayor contribución a la biomasa. Los parámetros fisicoquímicos la Bahía y las variaciones de los organismos tuvo gran influencia, por las aguas dulces que aporta el Río Hondo y los drenajes pluviales de la ciudad de Chetumal. La abundancia, biomasa y riqueza específica se incrementó hacia las partes más alejadas de la zona conurbada de la Bahía de Chetumal, las estaciones menos afectadas fueron Punta Catalán y Descarga de Proterritorio y las más afectadas fueron Monumento al Renacimiento, DINA y Muelle Fiscal. Los datos sugieren que la abundancia y la distribución de las especies que ejercen más influencia estuvieron reguladas por las variaciones de salinidad y oxígeno disuelto.

The background of the page is a repeating pattern of various insect larvae and pupae, including caterpillars, beetles, and other arthropods, rendered in a simple, line-art style. These illustrations are scattered across the entire page, creating a textured, scientific aesthetic.

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

México es un país privilegiado debido a la gran biodiversidad que tiene para su desarrollo y se ubica en el cuarto lugar de los países megadiversos, esto se debe a las características que tiene como un país que resulta de una ubicación geográfica y de la distribución orográfica del territorio nacional, que se extiende dentro de dos de las regiones biogeográficas reconocidas en el mundo, la neártica y la neotropical, las cuales se entrelazan en el sur de México, abriéndose una importante zona para la biodiversidad del planeta (CONABIO, 2008).

Unos de los ecosistemas sumamente importantes son los manglares catalogados como ecosistemas de humedales, caracterizados por la riqueza natural que confinan y los servicios ambientales que prestan. En México predominan cuatro especies de mangle: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (mangle blanco), *Avicennia germinans* (mangle negro, madre de sal) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) (CONABIO, 2009). Las cuatro especies están Sujetas a Protección Especial de acuerdo a la NOM 059 (SEMARNAT-2001); no obstante que el 71.8 % se encuentran bajo un esquema de protección, la Ley General de Vida Silvestre en su artículo 60 TER prohíbe la remoción, relleno, trasplante, poda o cualquier obra o actividad que afecte la integridad del flujo hidrológico del manglar. Acciones como la destrucción del hábitat, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos, la falta de planificación del desarrollo urbano, industrial y turístico, así como del desarrollo agrícola, ganadero y acuícola, han desplazado y reducido extensiones considerables de manglares (Gómez-García, 2014).

Muchos manglares se desarrollan alrededor de las planicies costeras de los trópicos, en lagunas costeras, esteros y desembocadura de ríos y arroyos. En estas áreas, a nivel mundial, se llevan a cabo importantes actividades pesqueras artesanales que aportan alimento y desarrollo económico a comunidades asentadas en la costa por eso se les reconoce como uno de los ecosistemas más ricos del planeta. Asimismo, parte de la actividad pesquera de las zonas costeras existe en virtud de que distintas especies que se aprovechan comercialmente

tuvieron al manglar como zona de crianza y crecimiento desde las primeras fases de su ciclo de vida: como en larvas, postlarvas y alevines de peces y crustáceos que entre las raíces de los manglares se protegen y se alimentan. Los ecosistemas de manglar son altamente productivos y generan una gran cantidad de nutrientes, los cuales son exportados por las mareas a las aguas marinas de la franja litoral más cercana a la costa, donde son aprovechados por pastos marinos y una variedad de peces que tienen importancia comercial (CONABIO, 2009). De acuerdo con la FAO cerca del 80 % de la captura mundial de peces marinos se realiza en la franja costera (CONABIO, 2008).

Los manglares además proporcionan una serie de beneficios como: 1) Funcionan como barrera natural de protección que contiene la erosión de vientos y mareas. 2) Ecosistemas altamente productivos, ya que generan una gran cantidad de nutrientes que son exportados por las mareas a las aguas marinas cercanas a la costa, donde son aprovechados por pastos marinos, arrecifes de coral y una variedad de peces que tienen importancia comercial. 3) Zona de protección y crianza de especies comerciales como peces, camarones, cangrejos, langostinos y moluscos. 4) Amortiguamiento de los impactos del acarreo de tierra y contaminantes por las corrientes de agua de ríos y arroyos sobre los arrecifes de coral. 5) Mantenimiento de la línea de costa y sostenimiento de las arenas sobre las playas. 6) Filtro biológico, retención y procesamiento de algunos contaminantes utilizados en la agricultura; filtración de agua y abastecimiento de mantos freáticos. 7) Captura de gases de efecto invernadero y sumideros de bióxido de carbono. 8) Material de construcción en viviendas rurales y en la fabricación de cercos para la delimitación de los terrenos o el confinamiento de animales para el consumo doméstico. 9) Fabricación de artes de pesca como los tapos, en la elaboración de espigas y puntales para la locomoción de pequeñas embarcaciones en zonas someras de las lagunas costeras y los esteros. 10) Zona de desarrollo de actividades de cazas. 11) Zona de desarrollo de la creciente industria asociada al ecoturismo, avistamiento de aves migratorias, vida silvestre y paisajes (CONABIO, 2009).

Quintana Roo es uno de los estados vanguardistas en todo México en la implementación y elaboración de Programas de Ordenamiento Ecológico y de Áreas Naturales Protegidas. Un ejemplo de esto es la Reserva Estatal Santuario del Manatí, Bahía de Chetumal que es

considerada como uno de los seis sitios prioritarios para la conservación del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM), debido a la gran aportación de nutrientes provenientes del Río Hondo, por sus zonas de crianza para especies acuáticas comerciales, zonas de alimentación y refugio del manatí antillano, zonas de anidación de aves, hábitat de especies de flora y fauna protegidas o en peligro de extinción y es una de las zonas de mejor estado de conservación de humedales y manglares en el sur de Quintan Roo. Que a pesar de su excelencia ecológica, enfrenta malas prácticas de agricultura en la zona rural, la falta de infraestructura para el saneamiento y tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Chetumal, la deforestación, el cambio de uso de suelo, la destrucción del paisaje y alteración a la línea de costa, entre otros (Espinoza-Avalos, 2009).

Los manglares han sido materia de investigación por especialistas en ecosistemas costeros del país. Biólogos, ecólogos, oceanólogos, ingenieros pesqueros y ambientales han estudiado los manglares de México por más de 30 años, a los que se han sumado antropólogos, sociólogos y economistas, entre otros. Se han estudiado desde distintos enfoques, aspectos de la relación de las comunidades rurales, incluidas las indígenas, con los manglares, identificando usos tradicionales y tareas de conservación (CONABIO, 2009). El estudio de la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle*, no lleva muchos años pero es de gran importancia porque las raíces ofrecen un sustrato firme a una gran cantidad de organismos como algas y macroinvertebrados sésiles en zonas costeras y ambientes estuarinos, quienes aprovechan el material en suspensión como alimento y a su vez actúan como fuente trófica de otros invertebrados y peces. Adicionalmente, el crecimiento masivo de organismos sésiles conduce a la formación de microhábitats apropiados para la protección y alimentación de pequeñas especies móviles.

El conocimiento de la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* en aguas de la Bahía, permitirá visualizar los cambios que puede experimentar el ecosistema frente al impacto que recibe de diversas actividades humanas como las descargas domésticas e industriales. Con el fin de que las instituciones encargadas cuenten con la información y adopten medidas de previsión pertinentes para el cuidado de los manglares, calidad del agua y la vida acuática de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.

## 1.2 Antecedentes.

Uno de los países donde se han desarrollado estudios sobre la fauna asociada a raíces de mangle, es Colombia que cuenta con trabajos publicados y destacan los de Reyes y Campos (1992) quienes realizaron un estudio, cualitativo y cuantitativo en moluscos, anélidos y crustáceos en las raíces sumergidas de *Rhizophora mangle* en dos estaciones, la Ciénaga Grande de Santa María, representó los valores más bajos de diversidad y equitatividad, y mayores valores de dominancia, y el Parque Nacional Natural Tayrona, ocurrió lo opuesto. También, se encontró que en las dos estaciones el índice de diversidad aumenta conforme la salinidad es mayor. También, Quiceno-Cuartas y Palacio-Baena (2008) estudiaron los macroinvertebrados asociados a las raíces de *Rizophora mangle* en la Boquilla, municipio de San Onofre, Sucre. Donde recolectaron 33 morfoespecies mayormente bivalvia que presentaron la mayor área de cobertura y abundancia que otras especies, y en comparación con otros ambientes similares del Caribe colombiano, el número y diversidad de especies fue relativamente bajo.

Además, Guerra Castro, *et al.* (2011), estudiaron la tasa de cambio y diversidad de especies  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  asociadas a las raíces de *Rhizophora mangle*, en el Parque Nacional Laguna de la Restinga; donde se identificaron 115 especies, la  $\beta$ -diversidad fue significativa en todas las escalas evaluadas, la  $\gamma$ -diversidad en la Restinga resulta de una combinación de muchas raíces con altas  $\alpha$ -diversidades y elevada  $\beta$ -diversidad a diferentes escalas espaciales.

En México tenemos trabajos como los de Salgado y Hendrickx (2002) quienes realizaron un estudio de las abundancias espaciales y temporales de los balanos asociados a las raíces adventicias de *Rhizophora mangle* y su relación con los parámetros hidrológicos, donde la especie *Balanus inexpectatus* fue dominante en la mayor parte del área y también en las estaciones apartadas de la cabeza de la laguna. Su abundancia y distribución fueron reguladas por la salinidad, temperatura y oxígeno disuelto. También, Ruiz y López (2013) estudiaron la variación espacio-temporal de epibiontes en las raíces de *Rhizophora mangle* en la laguna la Mancha, Veracruz. Registrando un total de 59,632 especímenes y biomasa de 172 g/cm<sup>2</sup> *Mytilopsis leucophaeata* fue más abundante, *Ficopomatus miamiensis* la más común y

*Crassostrea rhizophorae* la de mayor contribución a la biomasa, donde la abundancia, biomasa y riqueza específica incrementa en las partes más profundas de la laguna.

En la Bahía de Chetumal Quintana Roo no hay estudios sobre la fauna asociada a raíces de mangle, por lo que el presente trabajo sería el primero en aportar nueva información referente a la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle*.

### **1.3 Justificación.**

Los manglares son reconocidos como uno de los ecosistemas más ricos del planeta por su productividad, esto conlleva a que tengan una gran importancia económica y ambiental por el uso que las comunidades rurales les han dado y los servicios ambientales que brindan. La pérdida de estos humedales costeros influye ya sea en el desarrollo de las especies que lo utilizan o económicamente por las actividades pesqueras artesanales de las comunidades cercanas, entre otras. La importancia que tiene el mangle por contribuir a que sea un vivero de especies de flora y fauna, por el simple hecho de que sirven como protección en donde las especies se reproducen, incluso brindan alimento a las primeras fases del ciclo de vida de larvas, postlarvas, alevines y crustáceos (CONABIO, 2008). La Bahía de Chetumal Quintana Roo es un cuerpo de agua, que es afectado por descargas de aguas residuales provenientes de la ciudad de Chetumal, Calderitas, Subteniente López y sus alrededores, ocasionando un grave impacto al ambiente debido al crecimiento demográfico de la ciudad de Chetumal y los pueblos cercanos, ya que los organismos son seriamente dañados a ciertos niveles de toxicidad debido que son muy sensibles a sustancias químicas tóxicas o cambios en su entorno. Debido a la gran preocupación de la degradación del ambiente, ya sea por fenómenos naturales o por la influencia del hombre, han surgido nuevas demandas de técnicas que sirvan para la evaluación del ambiente en la manera de que estas sean más económicas y eficaces. Es importante identificar la fauna asociada porque se desconoce que organismos se encuentran en las raíces de *Rhizophora mangle*, y ver si estas especies también los podemos utilizar como indicadoras de posibles contaminaciones en el ambiente.

## **1.4 Objetivos.**

### **1.4.1 Objetivo general.**

- Caracterizar la estructura de la comunidad (abundancia, biomasa, riqueza y distribución) de la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* en la Bahía de Chetumal Quintana Roo y su relación con los parámetros fisicoquímicos.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- 1- Identificar la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* hasta el nivel taxonómico más bajo y elaborar un listado faunístico.
- 2- Determinar la abundancia y biomasa de las especies de la fauna asociada.
- 3- Determinar la distribución espacial de las especies asociadas a *Rhizophora mangle*.
- 4- Caracterizar la comunidad de la macrofauna asociada en términos de dominancia y diversidad.
- 5- Describir las características ambientales en las cuales se recolectaron los organismos.

## **1.5 Hipótesis.**

Los anélidos es la fauna más dominante en las raíces de *Rhizophora mangle* y en menor cantidad los crustáceos y moluscos, debido que los poliquetos conforman una alta riqueza de especies a diferencia de los otros grupos taxonómicos que se encuentran en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.

La mayor composición, abundancia, biomasa y distribución espacial de las especies, las encontraremos cerca de las descargas de las aguas residuales de la zona urbana de Chetumal.



The background of the page is a repeating pattern of various insect larvae and pupae, including caterpillars, beetles, and other arthropods, rendered in a simple, line-art style. These illustrations are scattered across the entire page, creating a textured, scientific background.

**CAPÍTULO II**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 Área de estudio.

La Bahía de Chetumal es un extenso sistema costero de tipo y origen cárstico somero (Contreras, 1985) y plano con una profundidad media de 1 a 5 m con la menor profundidad en los márgenes (Fig. 1). enmarcado entre los 18°21' y 18°52' N y 87°54' y 88°23' W. Es un estuario de baja productividad con escasa influencia marina y elevados aportes de agua dulce (Gasca, 1993; Suárez Morales, 1994). También, se le considera un sistema de baja energía (Lankford, 1997), con débiles corrientes internas originadas por la acción de los vientos alisios de este y sureste, con dirección dominantes noreste, velocidad promedio de 3 m/seg durante todo el año, por lo que la renovación y circulación de las aguas y sus nutrientes se consideran lentas (Chavira Martínez, *et al.* 1992). La Bahía presenta bajas salinidades (2-26 ‰) y temperaturas de 25 a 32°C; los valores de oxígeno disuelto son cercanos a 6.19 mg/l y los de pH entre 6.3 y 9.0, con un promedio de 7.64 (Chavira Martínez, *et al.* 1992).

El clima de la zona es cálido subhúmedo con temperatura media del mes más frío de 18°C, la porción suroeste de la Bahía incluye Calderitas, Chetumal y Río Hondo, es una zona de alta variabilidad ambiental y cambios estacionales importantes, principalmente debido a los aportes del Río Hondo y la escorrentía de las ciudades (Delgado-Blas, 2011).

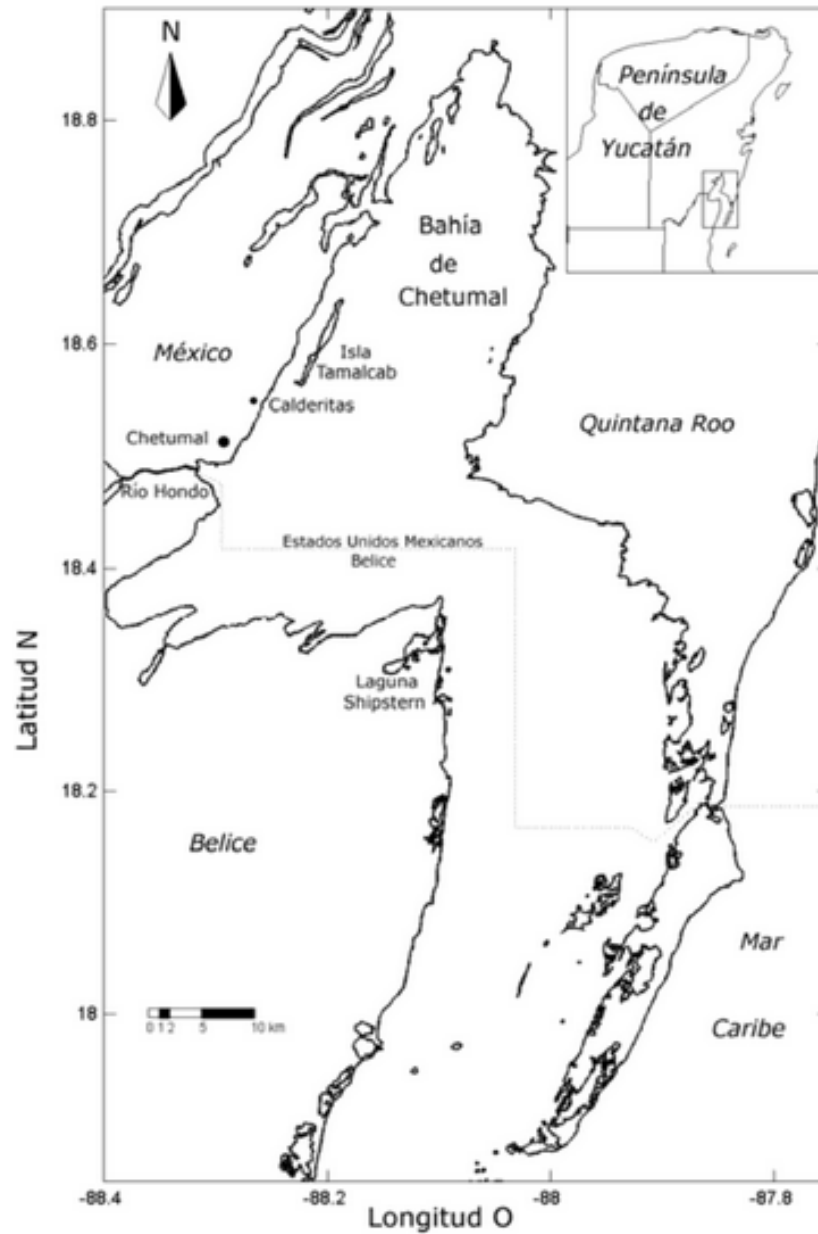


Figura 1. *Bahía de Chetumal* (Tomado de Espinoza Ávalos, 2009).

## 2.2 Materiales y métodos

El muestreo se realizó en el periodo de secas, del 23 al 24 de abril del 2015, con el objetivo de conocer la abundancia, composición, biomasa y la distribución espacial de las especies presentes en las raíces de *Rhizophora mangle* y las variables físico-químicas del área de estudio.

La recolecta del material biológico corresponden a un muestreo de 7 estaciones (DINA, Monumento al Renacimiento (MR), Muelle Fiscal (MF), Refugio de Aves (RA), UQROO (Universidad de Quintana Roo), Descarga de Proterritorio (DP), Punta Catalán (PC)) ubicadas a lo largo de 12 km sobre la línea de la costa occidental de la Bahía de Chetumal, desde la descarga de aguas pluviales DINA hasta el poblado de Calderitas (Fig. 2), se seleccionaron dichas estaciones por estar cerca de las descargas pluviales y residuales de la ciudad de Chetumal y en lo que correspondería a la principal área de influencia del Río Hondo. En cada estación se seleccionaron 2 raíces al azar con una longitud mayor a 40 cm para evitar tomar muestras que no han tenido el tiempo suficiente para ser colonizadas o que puedan estar devastadas por depredadores bentónicos (Aaron, 1992; Díaz *et al.*, 1992).

Una vez identificada la raíz con la longitud de 40 cm, posteriormente con una navaja se procedió a raspar la raíz, aproximadamente una longitud de 10 cm en toda la circunferencia de la misma, lo raspado se depositó en una bolsa de plástico con formol al 10 %, con agua del mismo sitio para su traslado y análisis en el laboratorio, todas las muestras fueron etiquetadas con datos del muestreo. Adicionalmente, se registraron los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura, oxígeno disuelto (DO meter HANNA HI 9143), salinidad (Salinity Refractometer VISTA A366ATC), conductividad (Conductivity meter HANNA HI 8033), pH (Medidor de pH HANNA HI 98130).

En el laboratorio, las muestras biológicas se lavaron sobre un tamiz de luz de malla de 0.5 mm con agua del grifo para eliminar el formol y posteriormente preservarlos en alcohol al 70 %.

#### Grupos faunísticos

Todos los organismos encontrados en las raíces de mangle fueron separados en clases: bivalvia, poliquetos, insecta, malacostraca y maxillopoda. En este nivel se comparó la abundancia de los grupos, representándola gráficamente para identificar el componente más abundante (Marques de Cantú, 1998).



Figura 2. Estaciones de colecta en la Bahía de Chetumal.

#### Identificación taxonómica

Para la separación e identificación de los organismos hasta el nivel taxonómico más bajo posible, empleando para ello un estereomicroscopio (VELAB VE-S5) y un microscopio óptico (ZEISS Axiostar 1122-100). Los diferentes taxa se identificaron con las claves para poliquetos de: Uebelacker, 1984; Salazar-Vallejo *et al.*, 1989; Warren, 1976; Salazar-Vallejo 1986, 1996; Delgado-Blas, 2004. Para los crustáceos se utilizó las claves de Morales, *et al.*, (2004) y para los moluscos de: Tucker 1998 y Diaz y Puyana, 1994. Las estaciones fueron comparadas con el número de especies, recolectados en las raíces del mangle; y se consideraron varios índices y modelos gráficos que incluyen diferentes variables biológicas de la comunidad. Para analizar cuáles fueron las más representativas, se realizó un histograma de la abundancia y riqueza de cada una de las familias (Marques-de Cantú, 1998).

## 2.3 Análisis de la estructura de la comunidad.

### 2.3.1 Diversidad ecológica.

La diversidad es de gran interés ya que está relacionada con la estabilidad, madurez, productividad, tiempo evolutivo, presión de depredación y heterogeneidad espacial; y la diversidad debe considerarse como un parámetro medible cuyos valores pueden llegar a hacer explicados por una gran variedad de teorías (Alcolado, 1984; Bravo, 1991).

Por lo tanto, la diversidad ha sido el parámetro comúnmente usado para ayudar a conocer la estructura de las comunidades, ya que combina la riqueza y la abundancia relativa de las especies. Puede ser medida a través de índices que se definen como la función del número de especies presentes (riqueza) y la equidad con la que los individuos están distribuidos entre las especies (Magurran, 1988). Los índices de diversidad brindan tendencias sobre los patrones ecológicos, por lo que se consideran como una medida de la estructura de la comunidad (Washington, 1984; Gray, 2000).

Para caracterizar la diversidad de la fauna asociada a raíces de *Rhizophora mangle*, se utilizaron índices ecológicos que son medidas cuantitativas de las fuerzas que rigen un sistema, determinan su estructura y su funcionamiento, permitiendo establecer o evaluar el estado pasado, presente y futuro del ecosistema en cuestión. Para ello, se empleó el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) que se basa en la abundancia proporcional de las especies, al considerar el número de especies y la distribución de los individuos entre las mismas (Magurran, 1988; Gray, 2000). Además, de que se ha encontrado una correlación con la calidad del agua en cuanto a la contaminación orgánica (Moreno, 2001; Nieto, 2010).

La diversidad de Shannon ( $H'$ ) está dada por:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

donde:

S: El número de especies (la riqueza de especies).

Pi: Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i).

Ni: Número de individuos de la especie i.

N: Número de todos los individuos de todas las especies.

En donde a mayor valor del índice indica una mayor biodiversidad del ecosistema, además de que existe una interpretación en la relación entre los valores de diversidad con la contaminación del agua en donde nos dicen que un índice mayor  $H > 3$  son aguas limpias y  $H < 3$  hay contaminación en el agua (Tabla 1) (Wilhm y Dorris, 1968).

Tabla 1: Relación entre los valores de índice de diversidad con la contaminación del agua (Wilhm y Dorris, 1968)

Valor del Índice de Shannon y Wiener	Interpretación
$H > 3$	Aguas limpias
$H = 2-3$	Aguas ligeramente contaminadas
$H = 1-2$	Aguas mediamente contaminadas
$H = 0-1$	Aguas fuertemente contaminadas

El índice de Shannon usualmente se emplea junto con el de equidad o uniformidad ( $J'$ ) de Pielou (1975), que es una medida de la uniformidad de la abundancia entre las poblaciones de las especies que integran la comunidad. La equidad que está dada por:

$$J' = H'(\text{observada}) / H' \text{ máx.}$$

donde:

$H'$  = índice de Shannon-Wiener

$H \text{ máx.}$  = Diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima.

Asimismo, se calculó la Diversidad Máxima ( $H_{\text{max}}$ ), que es la medida de la diversidad bajo condiciones de máxima equidad, que está dada por:

$$H \text{ máx.} = \log_2 S$$

donde:

H máx.= Diversidad de especies bajo condiciones de igualdad máxima.

S = Número de especies de la comunidad.

Tabla 2: Relación entre los valores de equidad con la homogeneidad.

Valores	Significancia	
0 - 0.33	Heterogéneo en abundancia	Diversidad baja
0.34 – 0.66	Ligeramente heterogéneo en abundancia	Diversidad media
>0.67	Homogéneo en abundancia	Diversidad alta

### 2.3.2 Índices de Similitud/Disimilitud.

Los datos biológicos fueron comparados considerando la abundancia de los macroinvertebrados bénticos por estación para obtener los valores del índice y construir la matriz de similitud de Bray-Curtis y Sørensen.

Estos coeficientes de similaridad han sido muy utilizados, específicamente para comparar comunidades con atributos diferentes. También son útiles para otro tipo de comparaciones, por ejemplo, para comparar las comunidades de animales de estaciones diferentes o micro-sitios con distintos grados de perturbación.

- Coeficiente de Sørensen

El coeficiente o índice de Sørensen, es un estadístico utilizado para comparar la similitud de dos muestras donde los valores de los rangos de los índices van de 0 cuando no se encontraron especies en ambas comunidades a 1 cuando las especies que se encontraron en ambas comunidades son idénticas. La fórmula original de Sørensen estaba destinada a ser aplicada a datos de presencia/ausencia, y se define de la siguiente forma (Chao *et al.*, 2006; Magurran, 1988).



La ecuación para su cálculo es:

$$CCs = \frac{2c}{s1 + s2}$$

donde:

S1 = # de spp. en la comunidad o muestra 1.

S2 = # de spp. en la comunidad o muestra 2.

C = # de spp. que se presentan en ambas comunidades.

Tabla 3: Relación con los valores del índice de Sørensen con la similitud.

Valores %	Significancia
0 a 33	No parecidos
34 a 66	Medianamente parecidos
67 a 100	Muy parecidos

- Índice de Bray Curtis

Esta es una medida de similitud que enfatiza la importancia de las especies que se tienen en común entre los sitios de muestreo, que va del valor 0 donde no hay ninguna especie en común a 1 que nos indican que son muestras idénticas. Además de acuerdo con Washington, (1984) este es uno de los mejores índices de similitud que existen y se define de la siguiente forma:

$$D_{jk} = \frac{\sum |X_{ij} - X_{ik}|}{\sum (X_{ij} + X_{ik})}$$

### 2.3.3 Métodos gráficos/distribucionales

Los Métodos gráficos/distribucionales ordenan a las especies, de mayor a menor, en función de sus porcentajes de abundancia, en donde se representa el porcentaje de individuos en la muestra que pertenecen a la misma especie y el número de especies es graficado contra el rango. Donde los sitios impactados son dominados por pocas especies donde las curvas se presentan más achatadas que los sitios no afectados. Estas extraen características universales de la estructura de la comunidad, las cuales no están en función del taxa específico presente, y puede por lo tanto ser relacionado a niveles de estrés biológico (Muniz *et al.*, 2010).

- Distribución Log normal

Este método ha sido sugerido como indicador de los efectos de estrés por contaminación, de acuerdo a este modelo, cuando un gran número de factores determinan el número de individuos por especie (estandarizado por una transformación log), la variación al azar de estos factores (los procesos que regulan la ecología de la comunidad) dará por resultado la distribución normal del número de individuos por especie (Moreno, 2001).

El grupo de especies con abundancia moderadas comprendido entre las clases geométricas V y VI (Entre 16 a 63 individuos) (Fig. 3), corresponden a las especies indicadoras o sensitivas de cambios producidos por la contaminación.

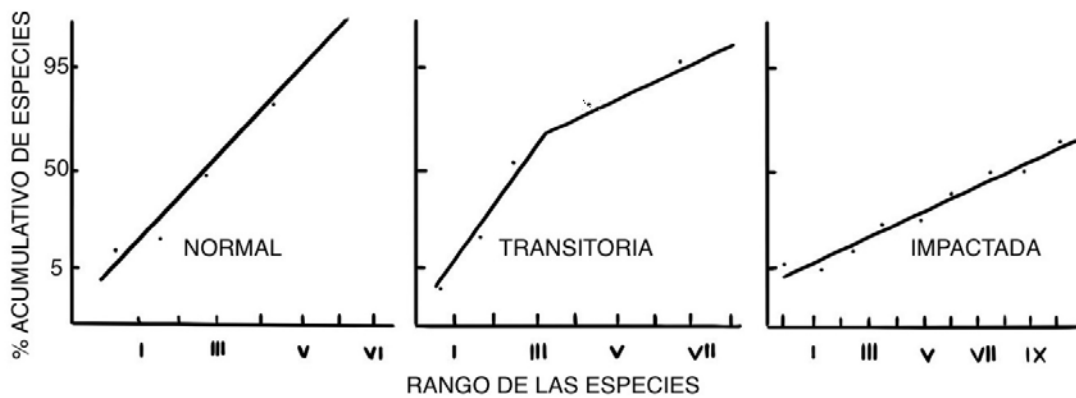
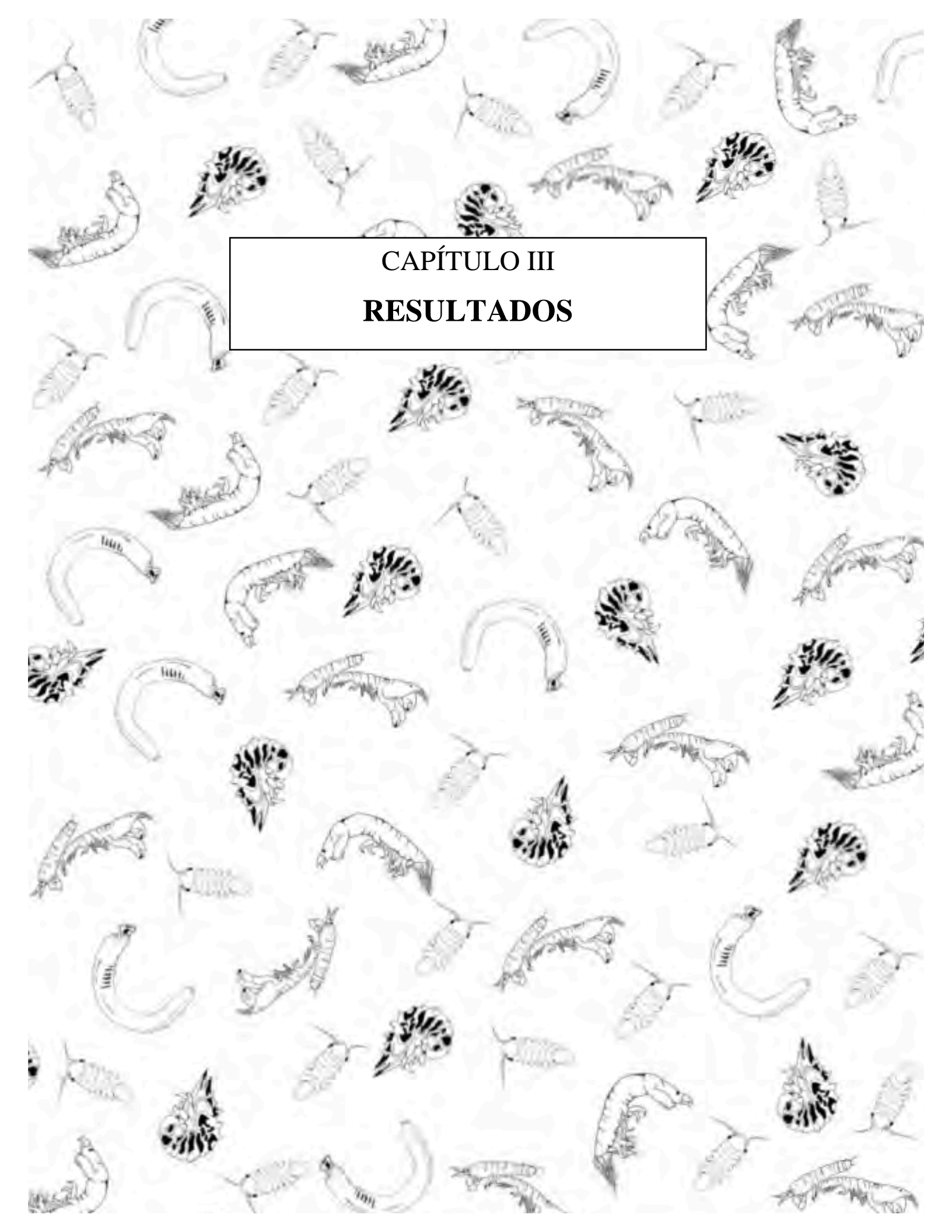


Figura 3: Cambios en la abundancia relativa de las especies, como resultado del aporte de materia orgánica, evidenciando por la LN, antes, durante, y después del impacto (Modificado de Gray, 1981).

The background of the page is a repeating pattern of various insect larvae and pupae, including caterpillars, beetles, and other arthropods, rendered in a detailed, scientific style.

**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS**

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

#### 3.1 Estructura de la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle*.

Se recolectaron un total de 13,118 organismos pertenecientes a cinco grupos faunísticos. 19 especies, 18 géneros, 16 familias, 8 órdenes y 5 clases: bivalvia, polychaeta, insecta, Malacostraca y Maxillopoda (Fig. 4).

Los Crustáceos constituyen el grupo más abundante, al representar el 63 % del total, les siguen en importancia, los poliquetos que representan el 27 %, los bivalvia con el 5 %, los insecta con el 5% (Fig. 4).

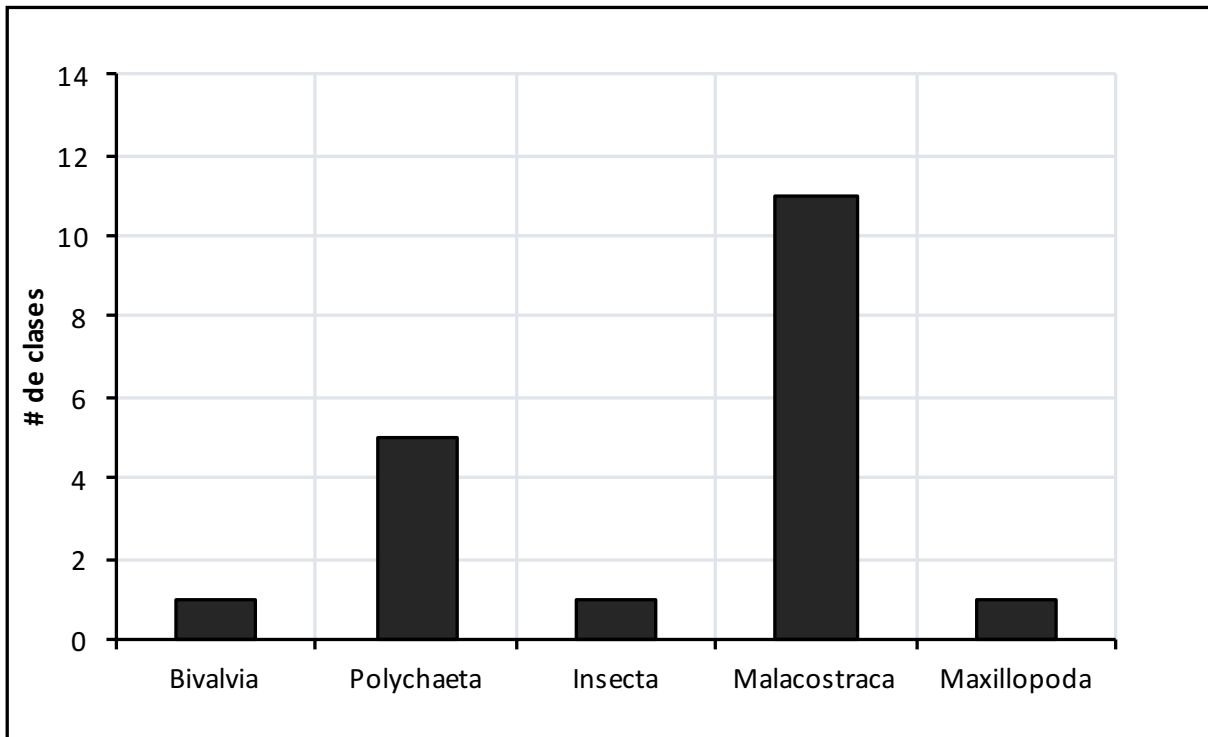


Figura 4. Número total de clases en la colecta en la Bahía de Chetumal.

### 3.2 Identificación taxonómica

#### I. Familias

Se identificaron 12 Crustáceos correspondiente a 9 familias (Fig. 5), registrándose una abundancia de 12,913. La familia con mayor abundancia fue Corophiidae con 5,093 Ind., Aoridae con 4,865 Ind., Tanaoidea con 1,002 Ind., Munnidae con 522 Ind., Melitidae con 361 Ind. Hyalidae con 123 Ind. Cirolanidae con 20 Ind. y Anthuridae con 16 Ind. Se identificaron 5 Poliquetos correspondiente a 5 familias, registrándose una abundancia de 119. La familia con mayor abundancia fue Serpulidae con 50 Ind., Sabellidae con 37 Ind., Capitellidae con 22 Ind., Nereididae con 6 Ind. y Spionidae con 4 Ind.

Con respecto a la Clase Insecta, se identificó una familia (Chironomidae) con una abundancia de 55 Ind. y a un Molusco correspondiente a la familia Dreissenoidea con una abundancia de 31 Ind.

#### II. Especies por familias

Se identificó tres especies de Sphaeromatidae, dos especies de Aoridae, y una especie de Tanaoidea, Corophiidae, Munnidae, Melitidae, Hyalidae, Chironomidae, Serpulidae, Sabellidae, Dreissenoidea, Capitellidae, Cirolanidae, Anthuridae, Nereididae y Spionidae (Fig. 5).

A continuación se presenta el listado de la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle*.

Phyllum: Annelida

Clase: Polychaeta

Orden: no asignado

Familia: Capitellidae

Género: *Capitella*

Especie: ---

Phyllum: Annelida

Clase: Polychaeta

Orden: Canalipalpa

Familia: Serpulidae

Género: *Ficopomatus*

Especie: *Ficopomatus miamiensis*

Phyllum: Annelida  
Clase: Polychaeta  
Orden: Aciculata  
Familia: Nereididae  
Género: *Laeonereis*  
Especie: *Laeonereis culveri*

Phyllum: Annelida  
Clase: Polychaeta  
Orden: Canalipalpata  
Familia: Spionidae  
Género: *Polydora*  
Especie:---

Phyllum: Annelida  
Clase: Polychaeta  
Orden: Canalipalpata  
Familia: Sabellidae  
Género: ---  
Especie: ---

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Isopoda  
Familia: Cirolanidae  
Género: *Anopsilana*  
Especie: *Anopsilana jonesi*

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Isopoda  
Familia: Sphaeromatidae  
Género: *Cassidinidea*  
Especie: *Cassidinidea ovalis*

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Maxillopoda  
Orden: Amphipoda  
Familia: Corophiidae  
Género: *Corophium*  
Especie: *Corophium louisianum*

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Isopoda  
Familia: Anthuridae  
Género: *Cyathura*  
Especie: *Cyathura polita*

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Amphipoda  
Familia: Aoridae  
Género: *Grandidierella*  
Especie: ---

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Amphipoda  
Familia: Aoridae  
Género: *Grandidierella*  
Especie: *Grandidierella megnae*

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Isopoda  
Familia: Sphaeromatidae  
Género: *Sphaeroma*  
Especie: *Sphaeroma terebrans*

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Amphipoda  
Familia: Hyalidae  
Género: *Hyale*  
Especie: ---

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Isopoda  
Familia: Munnidae  
Género: *Uromunna*  
Especie: ---

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Amphipoda  
Familia: Melitidae  
Género: *Melita*  
Especie: *Melita cf. Nítida*

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Insecta  
Orden: Diptera  
Familia: Chironomidae  
Género: ---  
Especie: ---

Phyllum: Arthropoda  
Clase: Malacostraca  
Orden: Isopoda  
Familia: Sphaeromatidae  
Género: *Sphaeroma*  
Especie: *Sphaeroma cf. terebrans*

Phyllum: Molusco  
Clase: Bivalvia  
Orden: Veneroidea  
Familia: Dreissenoidea  
Género: *Mytilopsis*  
Especie: *Mytilopsis sallei*

En total 12 especies de crustáceos fueron identificadas: *Grandidierella* sp., *Grandidierella megnae*, *Uromunna* sp., *Anopsilana jonesi*, *Sphaeroma terebrans*, *Sphaeroma* cf. *terebrans*, *Cassidinidea ovalis*, *Sinelobus stanfordi*, *Cyathura polita*, *Melita* cf. *nítida*, *Hyale* sp., *Corophium louisianum*. Polychaeta con 5 especies: *Ficopomatus miamiensis*, *Sabellidae* sp., *Capitella* sp., *Polydora* sp., y *Laonereis culveri*; una de insecta: dejándola a nivel familia como *Chironomidae*. Las especies más abundantes fueron *Corophium louisianum* con 5,093 Ind. (Fig. 6), *Grandidierella* sp. con 4,898 Ind., y *Sinelobus stanfordi* con 1,002 Ind., y las especies menos abundantes donde hay menos de 10 individuos fueron las especies de *Polydora* sp. con 4 Ind., *Laonereis culveri* con 6 Ind., *Cassidinidea ovalis* con 7 Ind., y *Grandidierella megnae* con 7 Ind.

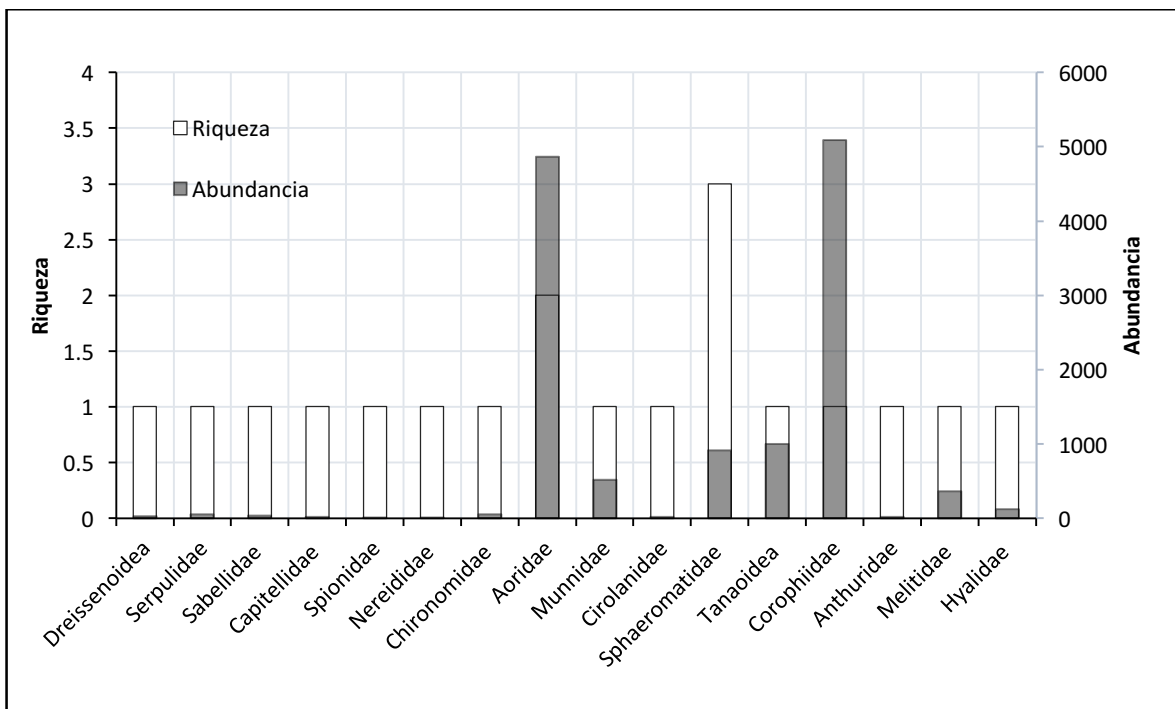


Figura 5. Riqueza y abundancia de familias en la Bahía de Chetumal.



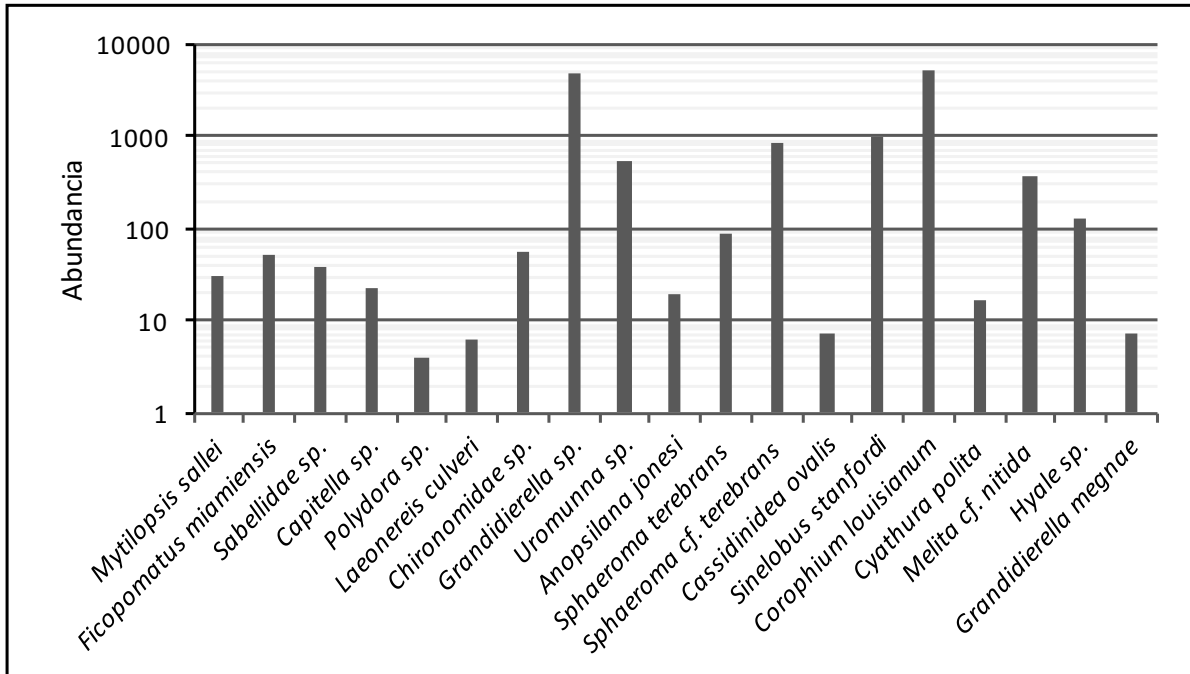


Figura 6. Número total de especies de la colecta en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.

### 3.3 Estructura comunitaria

#### Abundancia

La abundancia promedio por estación fue de 98.63 Ind., (Fig. 7). Las especies más abundantes fueron *Corophium louisianum* con 5,093 Ind., *Grandidierella* sp. con 4,858 Ind. y *Sinelobus stanfordi* con 1,002 Ind.

La abundancia más alta de *Corophium louisianum* se presentó en la estación descarga de Proterritorio con 4,160 Ind. *Grandidierella* sp. también se presentó en la misma estación con 3,824 Ind. y *Sinelobus stanfordi* igual se presentó en la estación descarga de proterritorio con 344 Ind. Las especies con menos abundancia fueron: *Cassidinidea ovalis* y *Grandidierella megnae* con 7 Ind. cada uno, *Laeonereis culveri* con 6 Ind. y *Polydora* sp. con 4 Ind.

Las estaciones con mayor abundancia fueron descarga de Proterritorio con 9,109 Ind. y Punta Catalán con 1,565 Ind., la estación donde se registró el valor más bajo de abundancia fue Monumento al Renacimiento con 227 Ind.

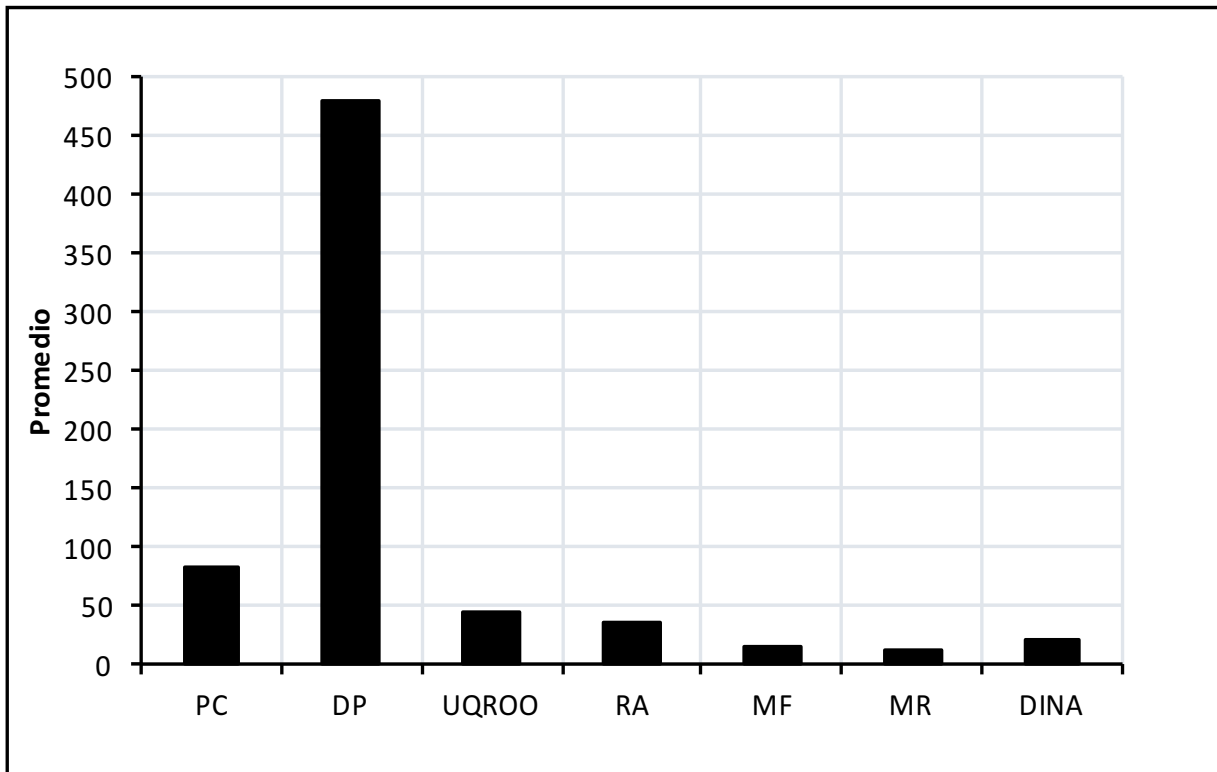


Figura 7. Abundancia promedio por estaciones de la Bahía de Chetumal, Punta Catalán (PC), Descarga de Proterritorio (DP). UQROO (Universidad de Quintana Roo), Refugio de Aves (RA), Muelle Fiscal (MF), Monumento al Renacimiento (MR), DINA.

### 3.4 Índice de Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y la Equidad de Pielou ( $J'$ ).

Los valores de diversidad de Shannon-Wiener registrados se encuentran entre 0.83 y 2.53 bits/Ind., con valores de riqueza de especies de 4 a 15 y una equidad de 0.32 a 0.72 (Fig. 8).

La estación con el mayor valor de diversidad fue Refugio de Aves ( $H' = 2.53$  bits/Ind.), con  $S = 13$  y  $J' = 0.68$ . Ahí la especie más abundante fue *Sphaeroma* cf. *terebrans* quien representó el 31 % de la abundancia. En la estación UQROO ( $H' = 2.43$  bits/Ind.) con  $S = 15$  y  $J' = 0.62$ ; la especie más abundante fue *Corophium louisianum* representando 34 % de la abundancia total. En Punta Catalán ( $H' = 2.16$  bits/Ind.) con  $S = 13$  y  $J' = 0.58$ , la especie más abundante fue *Grandidierella* sp. representó 41 % de la abundancia total. En el monumento al renacimiento ( $H' = 2.02$  bits/Ind.) con  $S = 7$  y  $J' = 0.72$  la especie más abundante fue *Sphaeroma* cf. *terebrans* representó 51 % de la abundancia total. En Descarga

de Proterritorio ( $H' = 1.70$  bits/Ind.) con  $S = 15$  y  $J' = 0.43$  la especie más abundante fue *Corophium louisianum* representó 45 % de la abundancia total. En el muelle fiscal ( $H' = 1.33$  bits/Ind.) con  $S = 4$  y  $J' = 0.66$  la especie más abundante fue *Sinelobus stanfordi* representó 55 % de la abundancia total; y en DINA ( $H' = 0.83$  bits/Ind.) con  $S = 6$  y  $J' = 0.32$ , la especie más abundante fue *Sphaeroma* cf. *terebrans* representó 86 % de la abundancia total.

La estación Refugio de Aves obtuvo una diversidad de  $H' = 2.53$  bits/ind y  $J' = 0.68$  (Fig. 8), UQROO un  $H' = 2.43$  bits/Ind. y  $J' = 0.62$ , Punta Catalán un  $H' = 2.16$  bits/Ind. y  $J' = 0.58$ , y Monumento al Renacimiento un  $H' = 2.02$  bits/Ind. y  $J' = 0.72$ , los valores del índice de diversidad se encuentra en el rango 2-3, indicando que pertenecen a aguas ligeramente contaminadas (Tabla 1), la equidad para Refugio de Aves y Monumento al Renacimiento se encuentran en el rango de valor de  $J' = > 0.67$  (Tabla 2) y su abundancia es homogénea y tienen una diversidad alta, la equidad para la estación UQROO y Punta Catalán se encuentran en el rango de valores de  $J' = 0.34 - 0.66$ , encontrándose con una abundancia ligeramente heterogénea y tienen una diversidad media. Las estaciones Descarga de Proterritorio con un  $H' = 1.70$  bits/Ind. y  $J' = 0.43$ , Muelle Fiscal con  $H' = 1.33$  bits/Ind. y  $J' = 0.66$ , la diversidad se encuentra en el rango 1-2 (Tabla 1), indicando que pertenecen a aguas mediamente contaminadas, equidad de valores de  $J' = 0.34 - 0.66$  encontrándose con una abundancia ligeramente heterogénea y tienen una diversidad media. La estación DINA con el valor más bajo de diversidad con  $H' = 0.83$  bits/Ind. y  $J' = 0.32$ , la diversidad es un valor menor a 1 y pertenece aguas fuertemente contaminadas, la equidad pertenece al rango de  $J' = 0 - 0.33$  indicando que tiene una abundancia heterogénea y por lo tanto tiene una diversidad baja.

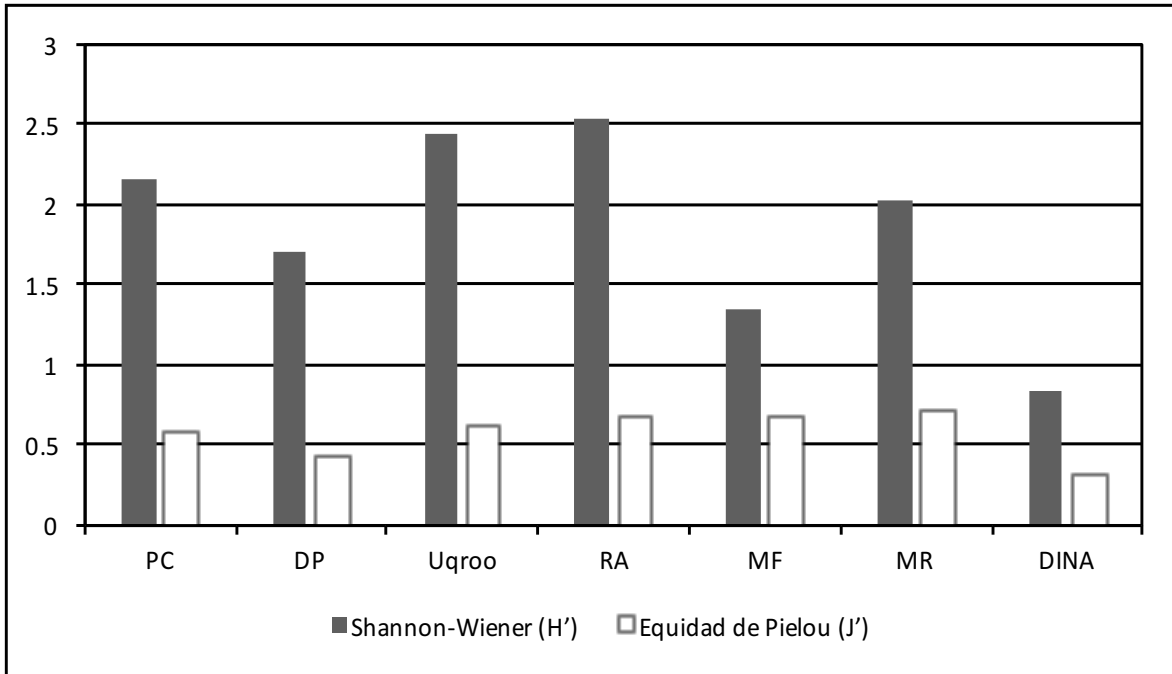


Figura 8. Índice de Shannon-Wiener y Equidad de Pielou en las 7 estaciones muestreadas, PC, DP, UQROO, RA, MF, MR, y DINA.

### 3.5 Resultados del índice de similitud del coeficiente de Sørensen y Abundancia.

En el dendrograma de similitud de Bray-Curtis, se distinguen tres grandes agrupaciones. Las estaciones Refugio de Aves y UQROO (Fig. 9) comprenden el primer grupo con un 20 % de similitud, las estaciones Monumento al Renacimiento, DINA, y Muelle Fiscal es el grupo que comprenden la parte sur de la zona conurbana con un 53 % de similitud y las estaciones Descarga de Proterritorio y Punta Catalán son el tercer grupo comprendiendo la zona norte y son las estaciones más alejadas de la zona urbana de Chetumal con un 70 % de similitud.

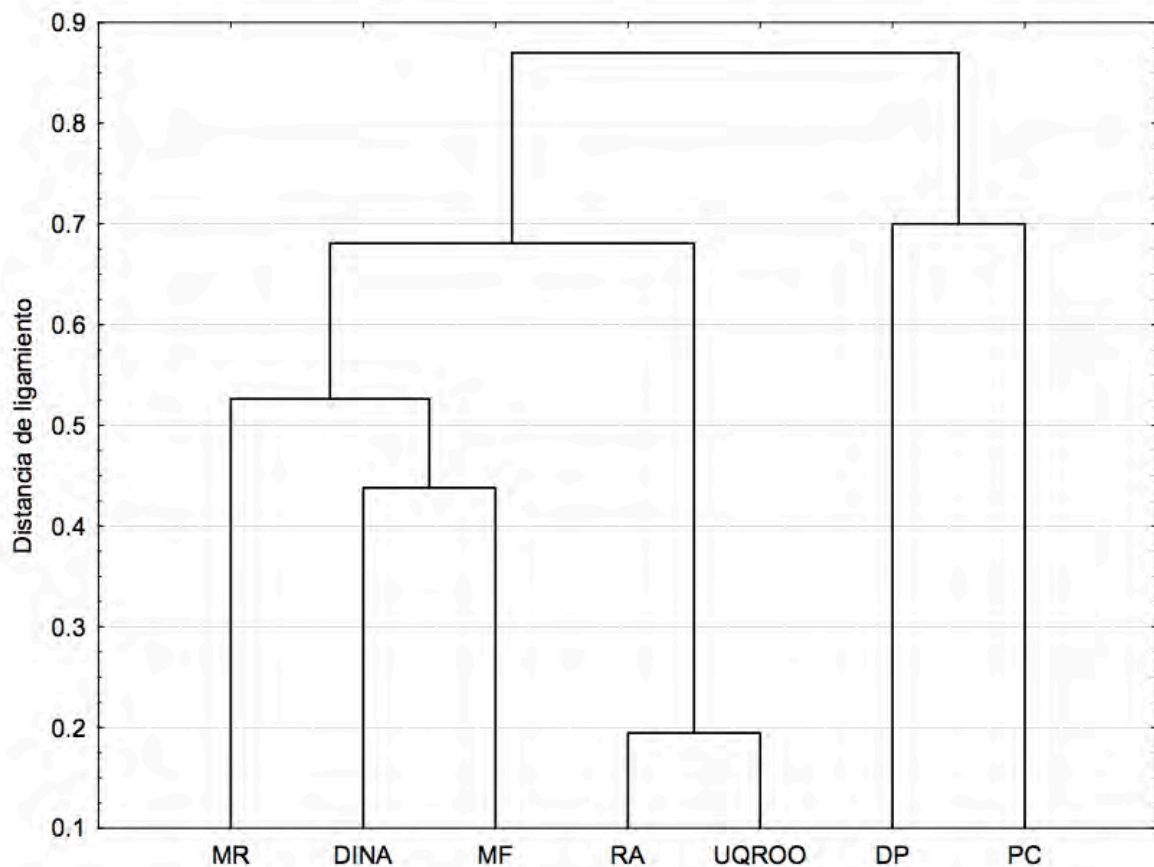


Figura 9. Dendrograma del coeficiente de Bray-Curtis en las estaciones DP, DINA, MR, MF, RA, UQROO, y PC.

### 3.6 Resultados del cálculo de la biomasa total (Método Clásico).

El comportamiento de la biomasa total muestra una distribución de mayor a menor conforme las estaciones se acercan a las descargas pluviales y residuales de la ciudad de Chetumal, siendo las estaciones Descarga de Proterritorio con 3.101 g. y Punta Catalán con 0.9363 g. (Fig. 10) las más alejadas de la ciudad de Chetumal, las cuales presentan una mayor biomasa.

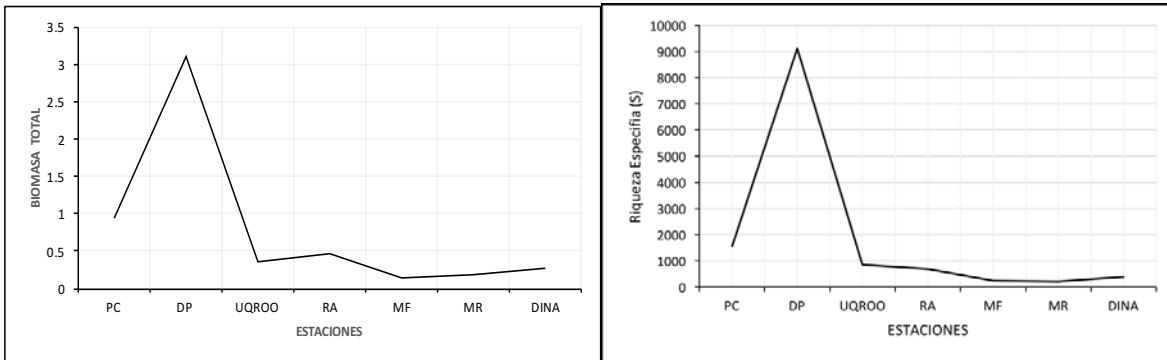


Figura 10. Biomasa total y riqueza específica para las diferentes estaciones en la Bahía de Chetumal Quintana Roo, FC, DP, UQROO, RA, MF, MR, y DINA.

### 3.7 Métodos gráficos/distribucionales resultados de la distribución log normal.

Los resultados de la distribución log normal muestran diferentes tipos de estrés por contaminación, en las estaciones Punta Catalán y Descarga de Proterritorio (Fig. 11) tienen una pendiente con un impacto normal (Fig. 2) y los niveles de estrés por contaminación se encuentran bajos. Las estaciones UQROO, Monumento al Renacimiento, y DINA tienen una pendiente transitoria y los niveles de estrés por contaminación son medios. Las estaciones Refugio de Aves y Muelle Fiscal tienen una pendiente impactada y los niveles de estrés por contaminación se encuentran altos. Entonces las estaciones normales son punta Catalán y descarga de proterritorio, las transitorias son UQROO, Monumento al Renacimiento, y DINA, y las estaciones impactadas son Refugio de Aves y Muelle Fiscal (Fig. 11).

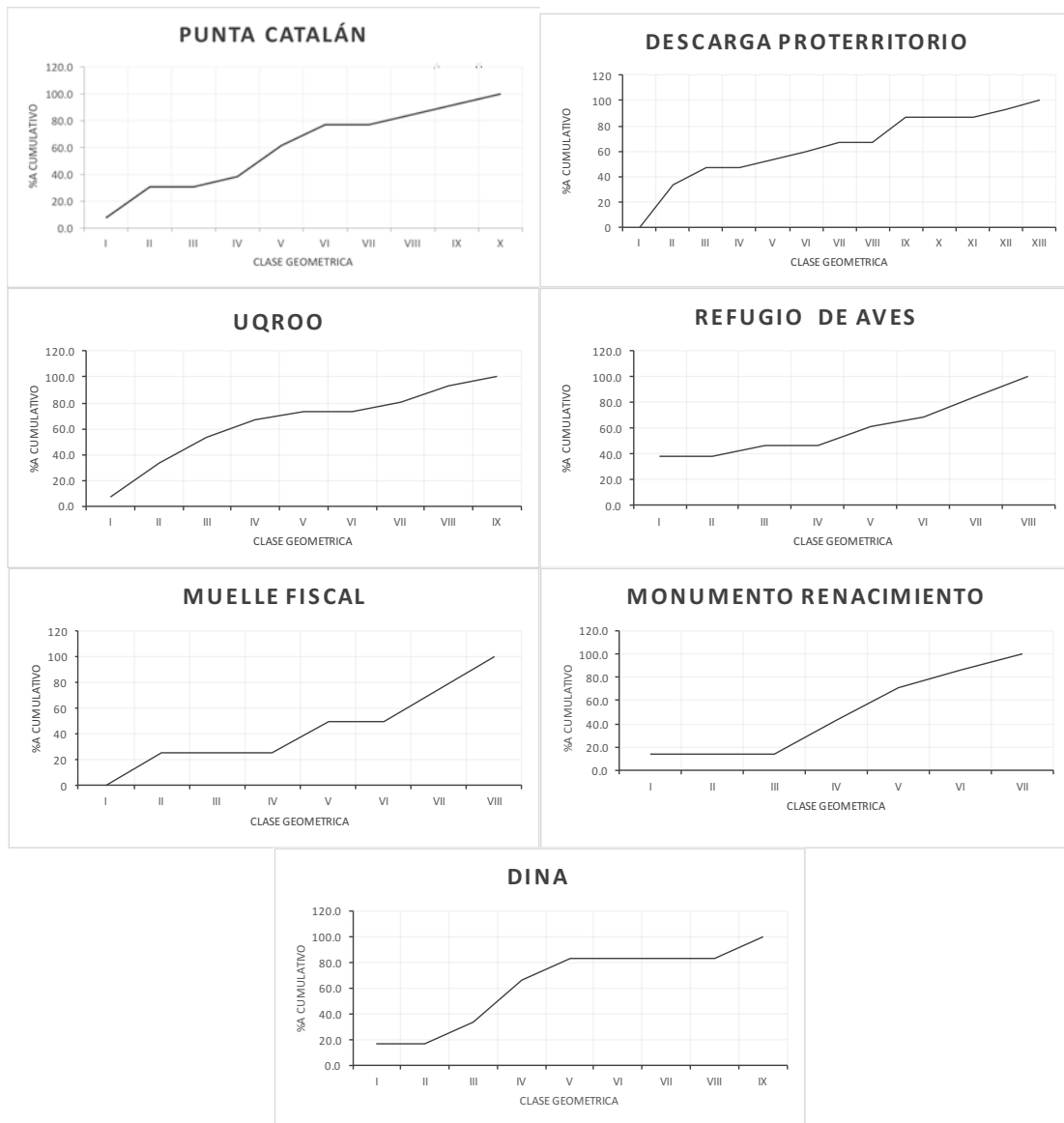


Figura 11. Resultados de la distribución Log normal para la Bahía de Chetumal Quintana Roo.

### 3.8 Parámetros hidrológicos en las estaciones de muestreo.

Temperatura. Los valores ambientales (Tabla 4) del área estudiada indican que la temperatura más alta se registró en la estación DINA con 36.9 °C y la mínima en Punta Catalán y en Descarga de Proterritorio con 28.5 °C. El comportamiento del pH presentó una variación de 6.2 a 7.31, siendo la estación Descarga de Proterritorio la que tiene mayor pH con 7.31 y la menor en la estación UQROO con 6.2. El comportamiento del oxígeno fluctuó de 5.52 mg/L a 1.81 mg/L, siendo la estación UQROO con el valor máximo de 5.52 mg/L y el valor mínimo en la DINA con 1.81 mg/L. Con respecto a la salinidad fluctuó de 7 a 1 ‰, siendo las estaciones Punta Catalán y UQROO las de mayor salinidad con 7 ‰ y la estación con menor salinidad corresponde a la estación DINA con 1‰.

Tabla 4: Parámetros fisicoquímicos del agua superficial de las estaciones de muestreo.

	Estaciones						
	PC	DP	UQROO	RA	MF	MR	DINA
T(°C)	28.5	28.5	30.3	31.2	36.3	36.8	36.9
pH	7.09	7.31	6.2	6.17	7.15	7.18	7.07
Oxígeno D. mg/L	2.67	4.96	5.52	5.22	1.84	1.83	1.81
Salinidad (‰)	7	6	7	5	4	1.5	1

### 3.9 Comportamiento de la riqueza de especies, abundancia, biomasa con respecto a las variables ambientales.

El comportamiento de la riqueza de especies con respecto a la salinidad se puede observar en la figura 12, donde la disminución en la salinidad afecta la riqueza de especies presentes en cada estación. Por ejemplo: UQROO (con 15 especies y 7 ‰ de salinidad), Descarga de Proterritorio (con 15 especies y 6 ‰ de salinidad), Punta Catalán (con 13 especies y 7 ‰ de salinidad), y Refugio de Aves (con 13 de especies y 5 ‰ de salinidad) presentaron las concentraciones más altas de salinidad y riqueza de especies. Consecutivamente, las estaciones Monumento al Renacimiento (con 7 especies y 1.5 ‰ de salinidad), DINA (con 6 especies y 1 ‰ de salinidad), y el Muelle Fiscal (con 4 especies y 4 ‰ de salinidad) presentaron las concentraciones más bajas (Fig. 12).



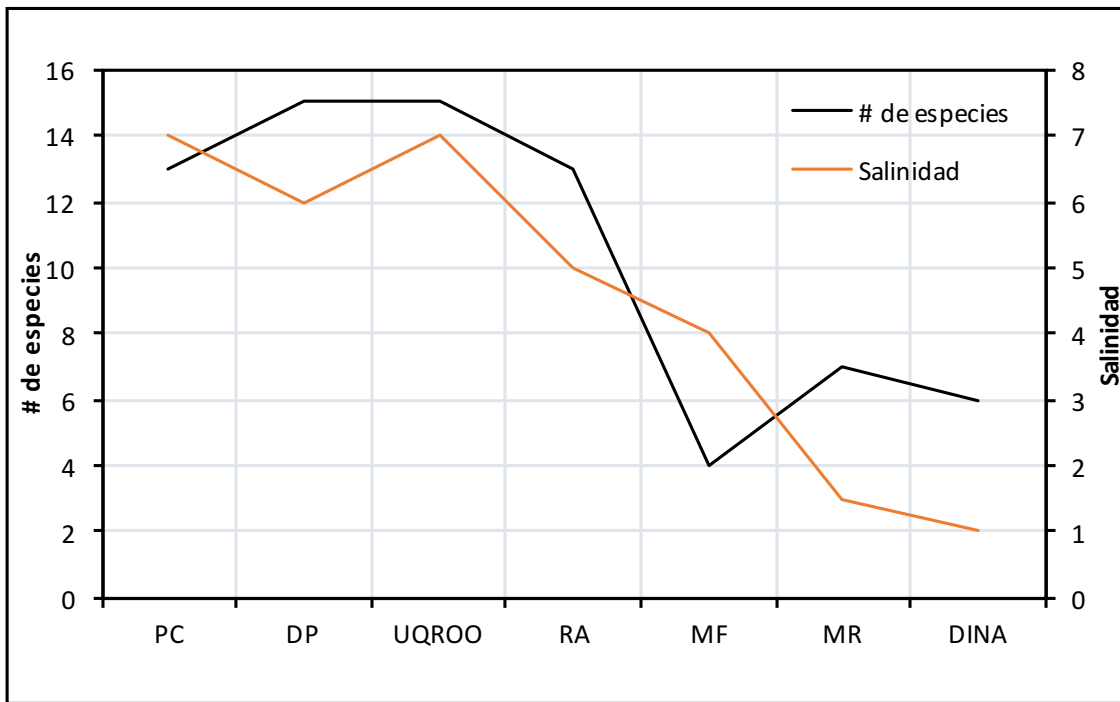


Figura 12. Distribución espacial del número de especies con respecto a la salinidad en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.

El comportamiento de la riqueza de especies con respecto al oxígeno disuelto (Fig. 13), se observa que la disminución de oxígeno afecta la riqueza de especies presentes en cada estación; las estaciones UQROO (con 5.52 mg/L de oxígeno disuelto y 15 especies), Refugio de aves (con 5.22 mg/L de oxígeno disuelto y 13 especies), y Descarga de Proterritorio (con 4.96 mg/L de oxígeno disuelto y 15 especies) son las estaciones con mayor nivel de oxígeno y también son las estaciones con mayor riqueza de especies, y las estaciones con menor nivel de oxígeno disuelto son el Muelle Fiscal (con 1.84 mg/L de oxígeno disuelto y 4 especies), Monumento al Renacimiento (con 1.83 mg/L de oxígeno disuelto y 7 especies), y DINA (con 1.81 mg/L de oxígeno disuelto y 6 especies) son las estaciones con menor riqueza de especies.

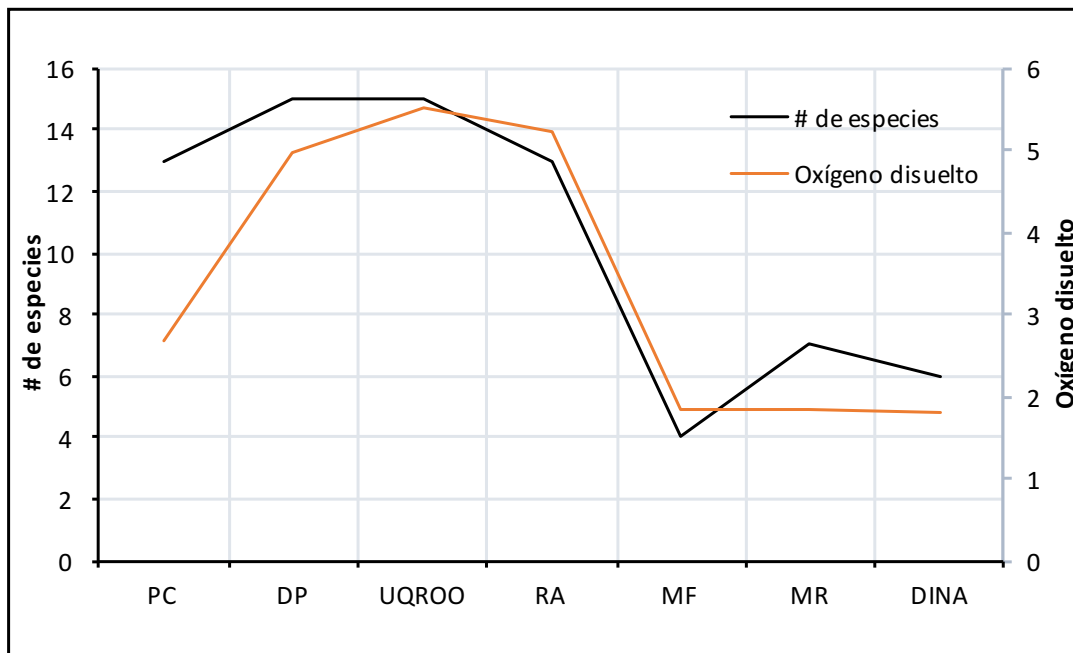


Figura 13. Distribución espacial del número de especies con respecto al oxígeno disuelto en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.

El comportamiento del oxígeno disuelto con respecto a la salinidad (Fig. 14), se observa un comportamiento similar entre los dos parámetros, a partir de la estación Descarga de Proterritorio hacia el sur (bocana del Río Hondo) de la Bahía de Chetumal, el oxígeno disuelto y la salinidad disminuyen.

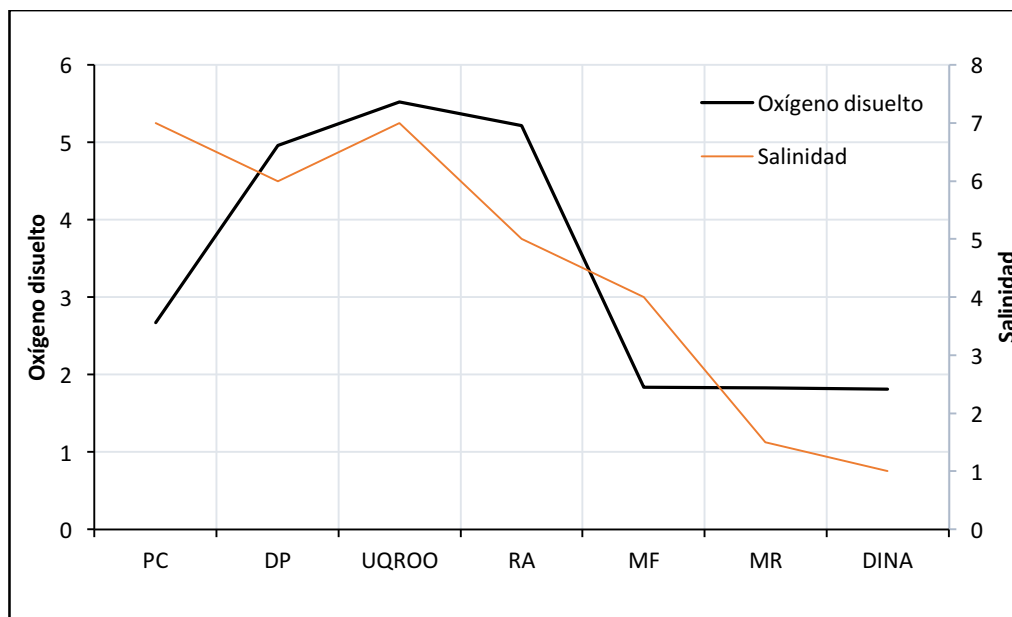


Figura 14. Distribución espacial del oxígeno disuelto con respecto a la salinidad en la Bahía de Chetumal Quintana Roo.

The background of the page is a repeating pattern of various insect larvae and pupae, including caterpillars, beetles, and other arthropods, rendered in a detailed, scientific style. These illustrations are scattered across the entire page, creating a textured, educational backdrop.

**CAPÍTULO IV**  
**DISCUSIONES**

## CAPÍTULO IV

### DISCUSION

La caracterización de la fauna asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* es muy importante por la riqueza natural útil que confinan, gracias a esta riqueza es posible conocer la abundancia, composición, biomasa y la distribución espacial de la especies en la Bahía de Chetumal Quintana Roo, mediante una gran variedad de índices ecológicos que se usan en la actualidad (CONABIO, 2008).

El incremento del índice de diversidad en las estaciones analizadas coincidió con las estaciones que presentaron los valores más altos de salinidad y de oxígeno disuelto; éstas mismas observaciones fueron encontradas por Salgado y Hendrickx (2002) quienes sugieren que la abundancia y distribución de las especies están reguladas por las variaciones de salinidad y oxígeno disuelto. Con respecto, a los valores más bajos del índice de diversidad y riqueza de especies en el área de estudio fueron las estaciones más cercanas a la desembocadura del Río Hondo, donde existe un gran aporte de agua dulce, así como también, por las aguas de los efluentes que desembocan en la Bahía de Chetumal. Las estaciones más afectadas por la baja salinidad y bajo número de especies, son DINA, Monumento al Renacimiento y Muelle Fiscal, y conforme las estaciones se alejan de la zona conurbana los valores se incrementan, este resultado puede estar ligado a la descarga de agua dulce proveniente del Río Hondo. Ya que el régimen de salinidad determina la composición y los cambios temporales y espaciales en la estructura de los organismos asociada a las raíces del manglar (Rojas, 2003). Este aspecto, también fue observado por Reyes (1992) que cuando se incrementaba la salinidad, también se incrementaba la diversidad donde reflejaba la entrada de agua del mar al sitio de estudio, y que en las épocas con mayor salinidad el número de especies se incrementaba y los organismos disminuían. También, Ruiz y López (2013) observaron que la composición y riqueza de especies con una menor riqueza son esperadas para zonas de manglar continental por la variabilidad de la salinidad del agua.

También, se puede observar en la Bahía que las estaciones cercanas a las descargas residuales provenientes de la ciudad de Chetumal, la concentración de oxígeno disuelto en la columna de agua disminuye. Ruiz y López (2013) en sus resultados encontraron que la menor concentración de oxígeno en la laguna La Mancha, pudo deberse a un mayor caudal y aporte

de sedimentos y partículas en suspensión. En este caso para la Bahía de Chetumal probablemente se deba a la oxidación de la materia orgánica y las aguas jabonosas que se vierten en esa zona. Este mismo comportamiento se puede observar en la estación punta Catalán donde disminuye el oxígeno, probablemente se deba a los efluentes de las zona restaurantera y del mismo poblado de Calderitas. Por lo general las áreas de manglar se caracterizan por presentar una gran variabilidad diaria y estacional en la salinidad, asociada a los regímenes de marea y al aporte variable de agua dulce a través de los sistemas fluviales (Reyes *et al.* 2002).

Con los resultados del gráfico del índice de similitud de Bray-Curtis se observan tres grupos de estaciones, y este agrupamiento coincide con la ubicación de las estaciones de la zona sur, centro y norte del área de estudio; se observa que la similitud entre las estaciones de la zona sur de la Bahía: Monumento al Renacimiento, Muelle Fiscal y DINA presentan una baja abundancia (227-408 Ind.), biomasa (0.192-0.2774 g) y son las estaciones más afectadas debido a las descargas de los efluentes de la ciudad de Chetumal y a la desembocadura del Río Hondo con una salinidad de 1-4 ‰; y las estaciones ubicadas en la zona centro: UQROO y Refugio de Aves, no están muy afectadas debido a que la abundancia (696-859) y biomasa (0.3505-0.4673) se incrementan, así como la salinidad de 5-7 ‰, y la zona norte (Descarga de Proterritorio, y Punta Catalán), refleja las estaciones que se encuentran en mejor estado, ya que son las de mayor abundancia (1565-9109 Ind.) y biomasa (0.9363-3.101 g), con una salinidad de 6-7 ‰. Esto indica que la distribución de la abundancia y biomasa disminuye conforme las estaciones se van acercando a la ciudad de Chetumal, por lo tanto, el paso de energía en forma de alimento también disminuye, por lo que encontramos un ambiente perturbado en una gran parte en la Bahía de Chetumal, afectando la trama trófica de estas zonas. Salgado y Hendrickx (2002) obtuvieron resultados similares donde la parte más afectada fue la cabeza de la laguna donde ocurre descargas de estanques de cultivo de camarón donde encontraron las concentraciones más altas de materia orgánica, y donde las condiciones fueron mejorando conforme las estaciones se iban apartando debido a la disminución de la DBO<sub>2</sub>.

La evaluación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener han resultado de gran interés, debido a que todas las estaciones quedaron en un rango de 0-3 bits/Ind. empleando este rango, se puede decir que todas las estaciones con menos de 1 bits/Ind. están fuertemente contaminadas, como es la estación DINA con  $H' = 0.83$  bits/Ind. y una equidad de 0.31 ( $J'$ ). La estación DINA está ubicada en una zona donde penetra con mayor fuerza la corriente del Río Hondo, y un efluente con aguas residuales que podría estar afectando los niveles de nutrientes en la columna de agua, la red trófica y los parámetros fisicoquímicas, lo que faculta a la ausencia de muchas especies. Delgado-Blas, *et al.*, (2011) indicaron que la cantidad de materia orgánica y salinidad aportada por el Río Hondo es una variable que afecta la estructura del bentos, y que además del aporte de materia orgánica proveniente del río de manera natural, también reconocen un aporte proveniente de los drenajes pluviales y lixiviación de fosas sépticas de la ciudad de Chetumal, por lo que se refleja en la baja concentración del oxígeno disuelto. Aquellas estaciones que se encuentran entre 1-3 bits/Ind. son consideradas moderadamente contaminadas y son: Refugio de Aves, UQROO, Punta Catalán, Monumento al Renacimiento, Descarga de Proterritorio y Muelle Fiscal ( $H' = 1.70$ - $2.53$  bits/Ind. y  $J' = 0.68$ - $0.72$ ). No hubo estaciones con valores de diversidad por encima de 3 bits/Ind. que son considerados ambientes limpios, lo que significa que existe el riesgo de contaminación por parte de las descargas de aguas residuales, debido a que este índice resume el grado promedio de incertidumbre y la calidad ambiental de la comunidad de las raíces del mangle según Wilhm y Dorris (1968). Es por eso que es necesario conocer la calidad del agua que influyen sobre ellas y sobre el ecosistema en general para hacer un uso más sustentable del sistema (Flores *et al.*, 2007).

En cuanto a las curvas log normal los grados de estrés que se observan, nos indican que la zona conurbana de Chetumal sigue siendo la más afectada, ya que las estaciones menos estresadas fueron las más alejadas del centro de la ciudad de Chetumal, hacia el poblado de calderitas que fueron las estaciones Punta Catalán y la Descarga de Proterritorio, y las estaciones más estresadas fueron las estaciones Refugio de Aves y el Muelle Fiscal, en donde el olor del agua fue muy desagradable a comparación con las otras estaciones.

The background of the page is a repeating pattern of various insect larvae and pupae, including caterpillars, beetles, and other arthropods, rendered in a detailed, scientific style. These illustrations are scattered across the entire page, creating a textured, educational backdrop.

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES**

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- En esta investigación se demuestra que la composición de la fauna en las raíces de *Rhizophora mangle* en la Bahía de Chetumal Quintana Roo, es muy abundante, registrándose un total de 13,118 individuos, distribuidos en 19 especies que se agrupan en 18 géneros 16 familias, 8 órdenes y 5 clases.
- El grupo faunístico más abundante asociada a las raíces de *Rhizophora mangle* son los crustáceos, al representar el 63 % del total de la abundancia.
- En cuanto a la estructura de la comunidad, las especies con mayor importancia fueron *Corophium louisianum*, *Grandidierella* sp. y *Sinelobus stanfordi* pertenecientes a la familia Corophiidae, Aoridae y Tanaoidea, al ser las más abundantes y ampliamente distribuidas.
- Las estaciones con mayor diversidad fueron las estaciones Descarga de Proterritorio y Punta Catalán. La clase de mayor diversidad y abundancia fue Malacostraca, y las de menor fueron los Bivalvia e Insecta.
- Los parámetros fisicoquímicos medidos en las estaciones de colecta de la Bahía de Chetumal Quintana Roo, que ejercen más influencia sobre la biodiversidad de acuerdo a los datos observados fueron: la salinidad y el oxígeno disuelto.
- Con relación a la hipótesis planteada en el presente estudio, se rechaza debido a que la fauna más dominante son los crustáceos, seguido de los anélidos y después los moluscos.
- Las curvas log normal nos muestran un ambiente moderadamente contaminado, ya que se incluyen clases geométricas de los grupos VII y XI.



- La distribución espacial de los organismos de acuerdo al Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y la Equidad de Pielou fue ligeramente heterogénea con una diversidad media, y gracias a este estudio, nos indica que la zona conurbana (la zona sur y centro ) de la Bahía de Chetumal se encuentra ligeramente contaminada.



CAPÍTULO VI  
**RECOMENDACIONES**

## CAPÍTULO VI

### RECOMENDACIONES

- Se debe fortalecer este estudio con un monitoreo mensual o estacional, para mejorar la información y registrar posiblemente otras especies y ver si existen cambios en la abundancia, composición, y biomasa de las especies de la bahía y con esto podamos corroborar los patrones que incidieron en la presente investigación.
- Considerar futuras investigaciones mas orientadas a la evaluación de las especies de importancia ecológica y/o económica presentes en estos sistemas, lo cual permitirá apoyar la toma de decisiones y plantear alternativas de manejo y aprovechamiento de los recursos acuáticos.
- Se sugiere considerar en estudios posteriores, análisis de plaguicidas, herbicidas, fertilizantes químicos, detergentes, hidrocarburos, metales pesados, y materia orgánica en la columna de agua, para poder relacionarlos con posibles fuentes antropogénicas y con las estructuras de las comunidades del sistema acuático para determinar sus condiciones.

The background of the page is a repeating pattern of various insect larvae and pupae, including caterpillars, beetles, and other arthropods, rendered in a detailed, scientific style. The pattern is scattered across the entire page, with a central white box containing the chapter title.

**CAPÍTULO VII**  
**LITERATURA CITADA**

## CAPÍTULO VII

### LITERATURA CITADA

- Aaron M. Ellison, E. J. (1992). The ecology of Belizean mangrove-root fouling communities: patterns of epibiont distribution and abundance, and effects on root growth. *Hydrobiologia*, 93-95.
- Alcolado, P. M. (1984). Utilidad de algunos índices ecológicos estructurales en el estudio de comunidades marinas de Cuba. *Ciencias Biológicas*, 61-77.
- Bravo-Ñunez, E. (1991). Sobre la cuantificación de la diversidad ecológica . 86-93.
- Lankford, R. R. (1997). *Coastal lagoons of México, Their origin and classification*. (M. Wiley, Ed.) New York: Academia Press, Inc.
- CONABIO. (2008). *manglares de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO. (2009). *Manglares de México: Extensión y distribución* (2ª ed ed.). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO. (2015). Ficha técnica para la evaluación de los sitios prioritarios para la conservación de los ambientes costeros y oceánicos de México. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Contreras, F. (1985). *Las lagunas costeras mexicanas*. México: Centro de Ecodesarrollo/Secr. de Pesca.
- Chao, A., Chazdon, L. R., Colwell, K. R., y Shen, T.-j. S. (2006). Abundance-Based Similarity Indices and Their Estimation. *Biometrics*, 361-371.
- Chavira Martínez, D.; Briceño Gonzáles, J.; Negroe, A.; Pérez Cetina, J. A., Sánchez, T. Y Hoil, R. (1992). Diagnóstico de la calidad del agua en la Bahía de Chetumal, Q. Roo, México. Avacient, núm 3.
- Delgado Blas, V. H. (2004). *Espiönidos (Polychaeta: sdae) del Gran Caribe*. México: ECOSUR.

- Delgado Blas, V. H., Hernández, H. A., y Kuk, J. G. (2011). Distribución espacial y temporal de poliquetos (polychaeta: annelida) de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. En V. H. Delgado Blas, J. S. Ortigón Aguilar, M. M. Vázquez González, A. González Damián, y J. Hernández Rodríguez, Avances de ciencia y tecnología en Quintana Roo (Primera edición ed., págs. 1-285). Chetumal, Quintana Roo, México: Plaza y Valdez S.A. de C.V.
- Díaz H, Conde JE, y Orihuela B. (1992). Estimating the species number and cover of a mangroveroot community: A comparison of Methods. *Austr. J. Mar. Freshw. Res.*, 707-714.
- Diaz, M. J., y Puyana, H. M. (1994). *Moluscos del Caribe Colombiano*. Colombia : Colciencias, Fundación Natura, INVEMAR.
- Flores Verdugo, F., Agraz Hernández, C., y Benitez Pardo, D. (2007). *Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación*. Instituto Nacional de Ecología.
- Espinoza Ávalos, J., Alexander Islebe, G., y Hernández Arana, H. A. (2009). *El Sistema Ecológico de la Bahía de Chetumal/ Corozal: Costa Occidental del Mar Caribe*. México : ECOSUR-CONABIO.
- Gasca, R. Y. (1993). *Zooplankton de la Bahía de Chetumal, Mar Caribe, México* (Vol. núm. 41). Revista de Biología Tropical.
- Guerra Castro, E., Cruz Motta, J. J., y Conde, J. E. (2011). Cuantificación de la diversidad de especies incrustantes asociadas a las raíces de *Rhizophora mangle L.* en el parque nacional laguna de la restinga. Venezuela: Interciencia.
- Gómez Anaya, J. (2008). *Ecología de los Emsamblajes de larvas de odonatos (insecta) y su uso potencial como indicadores de calidad ecológica en La Sierra de Coalcomán, Michoacán, México*. Hidalgo .
- Gómez García, Luis E. (2014). Mares y costas: manejo de los ecosistemas de manglar en México. México: PROFEPA.

- Gray, J. S. (1981). Detecting pollution-induced changes in communities using the log-normal distribution of individuals among species.
- Gray, J. S. (2000). The measurement of marine species diversity, with an application to benthic fauna of the Norwegian continental shelf. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 210:23-49.
- Krebs, C. (1989). *Ecological Eethodology*. Colombia: Addison Wesley Longman.
- Lankford, R. R. (1977). Coastal lagoons of México, Their origin and classification, in M. Wiley (ed.). *Estuarine processes*. New York. Academia Press, Inc. pp. 182 -225.
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Londres, Croom Helm. London. 179 pp.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Australia : BLACKWELL PUBLISHING.
- Marques de Cantú, M. J. (1998). *Probabilidad y estadística: para ciencias químico-biológicas*. México. McGraw-Hill, 657pp.
- Morales, E. S., Heard, R. W., Madrigal, S. G., Rivera, J. J., y Briones, E. E. (2004). *Catálogo de los tanaidáceos (crustacea: peracarida) del Caribe Mexicano*. México: CONACYT, SEMARNAT y El Colegio de la Frontera Sur. .
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Vol. Vol. 1). Zaragoza : M&T–Manuales y Tesis SEA.
- Muniz, P., Lana, P., Venturini, N., Elias, R., Vallarino, E., Bremec, C., Sandrini Neto, L. (2010). *Un manual de protocolos para evaluar la contaminación marina por efluentes domésticos*.
- Murguía, M. (1998). *INDICE (Programa para calcular índices de similitud)*. D.F.
- Myra, K. A. (1971). *Sea Shells of Tropical West America* . California : STANFORD.
- Nieto Navarro, J. T. (2010). *Estructura y organización de la ictiofauna de fondos blandos del Sur de Sinaloa: análisis ecológico y topología de taxa*. La Paz: Instituto Politécnico Nacional.

- Olivier, S. (1981). *Ecología y subdesarrollo en América Latina*. México D.F.: Siglo Veintiuno.
- Pearson, T., y Rosenberg, R. (1978). *Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment*. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*.
- Pielou, E. (1975). *Ecological diversity*. New York: Wiley Interscience.
- Quiceno Cuartas, P. A., y Palacio Baena, J. A. (2008). *Aporte al conocimiento de los macroinvertebrados asociados a las raíces del Mangle (*Rizophora Mangle*) en la cienaga la Boquilla, municipio de San Onofre, Sucre*. Sucre : Gestión y Ambiente .
- Rojas, J., (2003). Contribución al conocimiento de la fauna de macro-invertebrados asociados a las raíces del manglar en el Golfo de Urabá. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Antioquia, Medellín. 98 P.
- Reyes, R., y Campos, N. H. (1992). *Moluscos, anelidos y crustaceos asociados a las raíces de rhizophora mangle linnaeus, en la region de Santa Marta, Caribe Colombiano*. Colombia: Instituto de Ciencias Naturales.
- Reyes cruz, *et al.* (2002). Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle. Herbario UJAT. División Académica de Ciencias Biológicas. México.
- Ruiz M. y López-Portillo J. (2013). 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. *Rev. Biol. Trop.* vol. 62.
- Salazar Vallejo, S. (1996). *Neréididos (Polychaeta) del Caribe Mexicano con una clave para las especies del Gran Caribe*. México: *Rev. Biol. Trop.* 44(3)/45(1).



- Salazar Vallejo, s., León González, J. Á., y Polanco Sailaces, H. (1989). *Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México*. México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Salazar Vallejo, S. I. (1986). *Pilargidae (Annelida: Polychaeta) de México: lista de especies, nueva especie y biografía* (Vol. Tomo XXVI). México: Cahiers de Biologie Marine.
- Salgado-Barragán J. y Hendrickx M.E. (2002). Distribution and abundance of barnacles (Crustacea: Cirripedia) associated with prop roots of *Rhizophora mangle* L., in a lagoon of northwest México. Sinaloa. Pp. 45-60, in: M.E. Hendrickx (ed.). Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.
- Sanders, H. (1968). *Marine Benthic diversity: a comparative study*. American Naturalist.
- Suárez Morales, E. (1994). *Copépodos Plánticos de la Bahía Chetumal* (Vols. 30 (3-4)). México: Caribbean Journal of Science.
- Tucker, A. R., y Peter, D. S. (1998). *Compendium of seashells a full-color guide to more than 4,200 of the world's marine shells*. USA: Odyssey Publishing.
- Uebelacker, J. M. (1984). *Taxonomic Guide to the Polychaetes of the Northern Gulf of México*. (Vol. 7 ). Alabama: Barry A. Vittor y Associates Inc.
- Warren Lynda M. (1976). A review of the genus *Capitella* (Polychaeta Capitellidae). *J. Zool. Lond.* 180, 195:209.
- Washington, H. G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res.* 18(6). 653-694.
- Wilhm, J. L., y Dorris, T. C. (1968). *Biological Parameters for Water Quality Criteria* (Vol. 18(6)). Bioscience.

The background of the page is a repeating pattern of various insect larvae and pupae, including caterpillars, beetles, and other arthropods, rendered in a detailed, scientific style. These illustrations are scattered across the entire page, creating a textured, educational backdrop.

**CAPÍTULO VIII**  
**ANEXOS**

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

Tabla 5. Taxones obtenidos por estación con su índice de Shannon- Wiener (H'), equidad de Pielou (J'), y biomasa.

Taxa		Estación						
Familia	Especie	PC	DP	UQROO	RA	MF	MR	DINA
DREISSENOIDEA	<i>Mytilopsis sallei</i>	2	2	0	0	0	1	26
	<i>Ficopomatus</i>	44	3	3	0	0	0	0
SERPULIDAE	<i>miamiensis</i>							
SABELLIDAE	<i>Sabellidae</i> sp.	28	4	5	0	0	0	0
CAPITELLIDAE	<i>Capitella</i> sp.	0	0	1	21	0	0	0
SPIONIDAE	<i>Polydora</i> sp..	0	3	0	1	0	0	0
NEREIDIDAE	<i>Laeonereis culveri</i>	0	3	3	0	0	0	0
CHIRONOMIDAE	<i>Chironomidae</i> sp.	1	0	3	0	19	19	13
AORIDAE	<i>Grandidierella</i> sp.	647	3824	224	162	0	0	1
	<i>Grandidierella megnae</i>	0	0	6	1	0	0	0
MUNNIDAE	<i>Uromunna</i> sp.	60	306	131	17	0	8	0
CIROLANIDAE	<i>Anopsilana jonesi</i>	10	3	2	5	0	0	0
SPHAEROMATIDAE	<i>Sphaeroma terebrans</i>	25	48	0	0	0	15	0
	<i>Sphaeroma</i> cf. <i>terebrans</i>	2	29	8	216	93	116	352
	<i>Cassidinidea ovalis</i>	0	6	0	1	0	0	0
TANAOIDEA	<i>Sinelobus stanfordi</i>	232	344	127	96	140	51	12
	<i>Corophium louisianum</i>	490	4160	299	121	2	17	4
COROPHIIDAE	<i>Cyathura polita</i>	3	0	12	1	0	0	0
MELITIDAE	<i>Melita</i> cf. <i>nitida</i>	21	280	7	53	0	0	0
HYALIDAE	<i>Hyale</i> sp.	0	94	28	1	0	0	0
	H'	2.16	1.70	2.43	2.53	1.33	2.02	0.83
	J'	0.58	0.43	0.62	0.68	0.66	0.72	0.32
	Biomasa (gr)	0.9363	3.101	0.3505	0.4673	0.1337	0.192	0.2774



Figura 15. Organismos de *Rhizophora mangle* A) *Mytilopsis sallei*, B) *Ficopomatus miamiensi* y C) *Capitella* sp..



Figura 16. Organismos de *Rhizophora mangle* A) *Sabellidae* sp., B) *Laeonereis culveri* y C) *Polydora* sp.

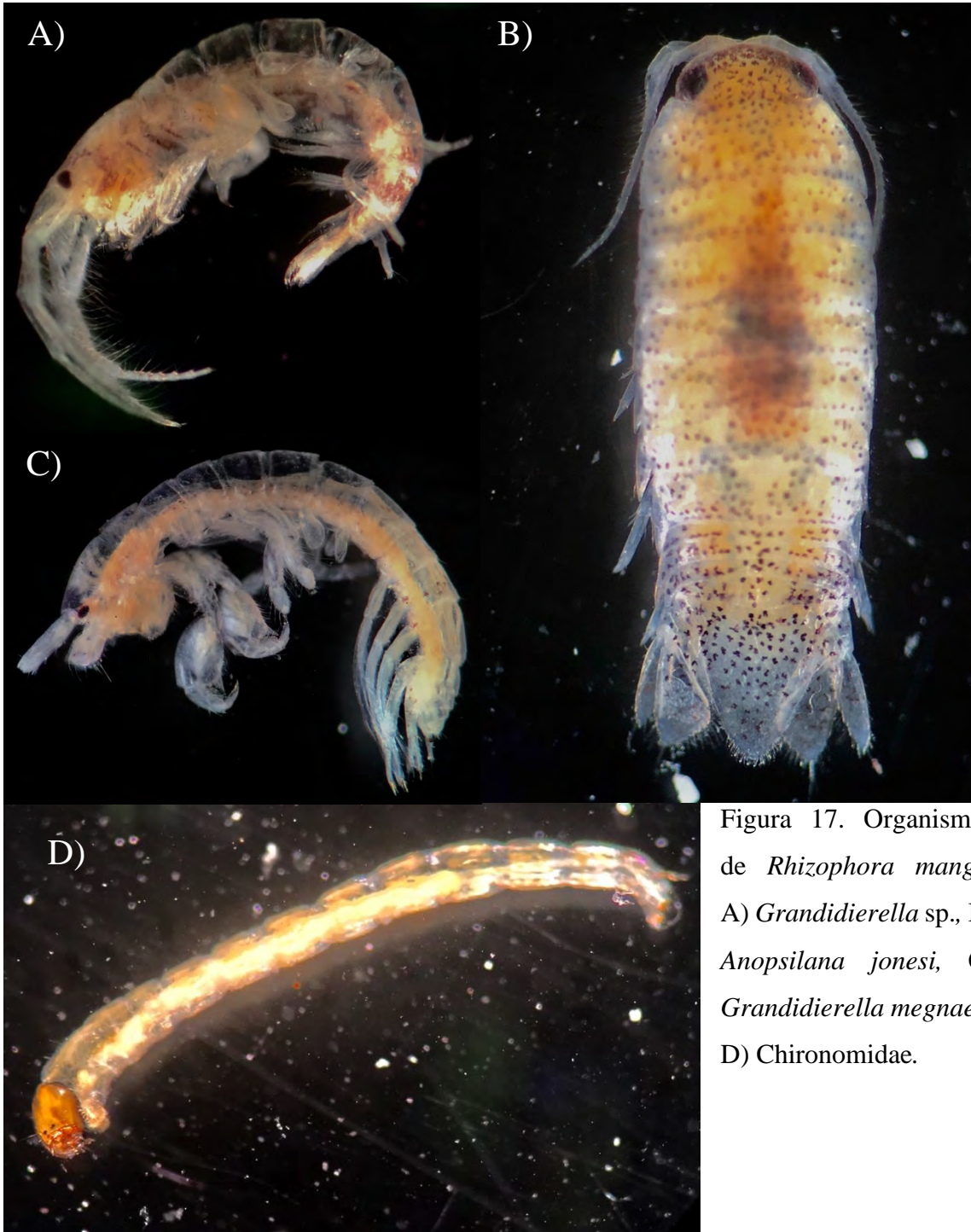


Figura 17. Organismos de *Rhizophora mangle*  
A) *Grandidierella* sp., B) *Anopsilana jonesi*, C) *Grandidierella megnae* y D) Chironomidae.



Figura 18. Organismos de *Rhizophora mangle* A) *Uromunna* sp., B) *Sphaeroma terebrans*, C) *Sphaeroma* cf. *terebrans* y D) *Hyale* sp.



Figura 19. Organismos de *Rhizophora mangle* A) *Cassidinidea ovalis*, B) *Sinelobus stanfordi*, C) *Cyathura polita* D) *Corophium louisianum* y E) *Melita* cf. *nítida*