



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

**DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS TERRESTRES ASOCIADOS A UN  
ECOSISTEMA DE MANGLAR EN PROCESO DE RESTAURACIÓN  
DENTRO DE LA CIÉNEGA DE PROGRESO, YUCATÁN.**

**TESIS**

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRA EN CIENCIAS**

**PRESENTA:  
BIOL. GABRIELA GARCÍA MARTÍNEZ**

**TUTOR PRINCIPAL:  
DR. DANIEL ARCEO CARRANZA  
FACULTAD DE CIENCIAS UMDI-SISAL, UNAM**

**COMITÉ TUTOR:  
DR. XAVIER CHIAPPA CARRARA  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES MÉRIDA/ FACULTAD DE  
CIENCIAS UMDI-SISAL, UNAM.**

**DRA. MA. AZUCENA CANTO AGUILAR  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN A.C.**

**DR. LUIS DANIEL ÁVILA CABADILLA  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES MÉRIDA, UNAM.**

**DR. JORGE HERRERA SILVEIRA  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN, CINVESTAV  
UNIDAD MÉRIDA**

**ASESORA EXTERNA:  
DRA. CLAUDIA TEUTLI HERNÁNDEZ  
UNIDAD MULTIDISCIPLINARIA DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN, UMDI-SISAL  
UNAM**

**CD. MX., DICIEMBRE, 2020**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS TERRESTRES ASOCIADOS A UN ECOSISTEMA DE MANGLAR EN PROCESO DE RESTAURACIÓN DENTRO DE LA CIÉNEGA DE PROGRESO, YUCATÁN.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS**  
BIOLÓGIA MARINA

PRESENTA:  
**BIOL. GABRIELA GARCÍA MARTÍNEZ**

**TUTOR PRINCIPAL:**  
**DR. DANIEL ARCEO CARRANZA**  
FACULTAD DE CIENCIAS UMDI-SISAL, UNAM  
**COMITÉ TUTOR:**  
**DR. XAVIER CHIAPPA CARRARA**  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES MÉRIDA/ FACULTAD DE CIENCIAS UMDI-SISAL, UNAM.  
**DRA. MA. AZUCENA CANTO AGUILAR**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN A.C.  
**DR. LUIS DANIEL ÁVILA CABADILLA**  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES MÉRIDA, UNAM.  
**DR. JORGE HERRERA SILVEIRA**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL IPN, CINVESTAV UNIDAD MÉRIDA  
**ASESORA EXTERNA:**  
**DRA. CLAUDIA TEUTLI HERNÁNDEZ**  
UNIDAD MULTIDISCIPLINARIA DE DOCENCIA E INVESTIGACIÓN, UMDI-SISAL UNAM

**MÉXICO, CD. MX., DICIEMBRE, 2020**

Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación tecnológica (**PAPIIT-UNAM**) Clave del proyecto: **IN216219**. Título del proyecto: "**Restauración de servicios ambientales en manglares restaurados de la costa norte de Yucatán**". El grupo de trabajo forma parte de la Red para el Conocimiento de los Recursos Costeros del Sureste (RECORECOS)

## **AGRADECIMIENTOS**

Al posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por la formación y apoyo recibido.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para el desarrollo de mis estudios de Maestría.

Al Dr. Daniel Arceo Carranza por permitirme formar parte de su equipo de trabajo, por la confianza, apoyo y por el tiempo brindado para la realización de esta tesis.

A los miembros de mi jurado: Dr. Xavier Chiappa Carrara, Dra. María Azucena Canto Aguilar, Dr. Luis Daniel Ávila Cabadilla, Dr. Jorge Herrera Silveira y Dra. Claudia Teutli Hernández; por sus observaciones, consejos y comentarios realizados para enriquecer este estudio, así mismo, agradezco sus enseñanzas y tiempo dedicado durante este proceso.

De manera especial agradezco a la M. en C. Maribel Badillo Alemán y M. en C. Alfredo Gallardo Torres por el apoyo logístico en el laboratorio y en la toma de fotografías de los ejemplares presentados en esta tesis.

Al M. en C. Johnny Omar Valdez Luit y M. en C. Alberto Sosa por su apoyo logístico en la recolecta de muestras biológicas.

A la Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación (UMDI) sede Sisal; a los académicos y amigos que con sus palabras me ayudaron a crecer académicamente.

Al laboratorio de Biología de la Conservación perteneciente al Parque Científico Tecnológico de Yucatán. Me llevo un grato recuerdo y grandes amistades.

Agradezco profundamente al Dr. Miguel Angel Pinkus por su orientación y enseñanza para la determinación de los arácnidos recolectados en esta tesis, así como el apoyo para la obtención de claves dicotómicas.

A las instalaciones de la Universidad Anáhuac Mayab (Mérida) y al M. en C. Rubén Neftalí Arana Gamboa por el espacio, apoyo y orientación en la determinación de los odonatos.

De manera personal, agradezco a mis padres Esperanza y Norberto por su amor y apoyo incondicional. A mis hermanas Ana E. y Laura Donají por los momentos y risas compartidas.

A mi familia, a mis primos y primas. A mi tía Rebeca García por su apoyo académico y personal. A mi tío Mario y mi tía Laura por sus palabras de aliento, consejos y total apoyo durante este proceso y durante mi vida.

A Jimena por siempre estar, por trasnochar conmigo y escucharme en cada momento.

A mis amigos y colegas Iztacaltecas, que aún en la distancia siempre recibí consejos, ayuda y muchos ánimos. A su vez, agradezco a mis amigos entomólogos por su orientación para el conocimiento y corroboración de ejemplares.

A José Luis Barajas, Omar y Katty Camarero, por creer en mí, por todo su apoyo moral y por no dejarme rendir.

Profe... gracias por el café para trasnochar y llevar a cabo el final de este escrito.

A mis amigos: M. en C. Marco A. Flores y M. en C. Pedro Robles, por su apoyo en campo, por su paciencia y enseñanzas aportadas para la realización de esta tesis.

A mis hermanos académicos: Mtra. en C. Lesli Hernández y Biol. Marino César Salazar por sus orientaciones estadísticas.

A mis amigas: MaJo Rozete, Pilar Ramírez, Areli Cruz, Gissela Moreno, Mary Cruz Cadena y Andrea Rodríguez Cadena; por su apoyo moral, por sus consejos y por todas las aventuras vividas. Hicieron que este ciclo fuese más enriquecedor, lleno de amor y mucha alegría. Gracias por todo.

A mi amigo M. en C. Pedro Ruiz. Gracias por compartir tu tiempo, espacio y vida académica conmigo. Eres y siempre serás una persona muy importante durante este proceso.

A Víctor Hugo Huerta por su amistad, dedicación, apoyo y amor incondicional. Por escucharme y darme ánimos en los momentos necesarios. Gracias infinitas.

De forma especial dedico esta tesis a mis abuelos Brígida Sánchez y Eloy Martínez (†). Poco es el tiempo que la vida nos presta para estar juntos, sin embargo, es suficiente para llenarnos de grandes aprendizajes. Los amo con mi alma.

*“Cada mañana nacemos de nuevo. Lo que hacemos hoy es lo que más importa”*

Siddhartha Gautama (Buda)

## RESUMEN

Los bosques de manglar son ecosistemas excepcionalmente útiles ya que proporcionan diferentes servicios ecosistémicos, no obstante, la estabilidad de estos bosques ha sido amenazada. En México la pérdida de este ecosistema se ha dado principalmente por desastres naturales, cambios de uso de suelo o construcción de carreteras. La Península de Yucatán ha sido un estado que ha enfrentado este tipo de disturbios, ante este panorama se han realizado diferentes proyectos de restauración de manglar, dentro de los cuales ha sido poca o nula la evaluación de la fauna. Los artrópodos terrestres son considerados como el grupo faunístico con más especies conocidas, son de gran relevancia debido a que cumplen con procesos muy importantes, a pesar de ello, la diversidad y la funcionalidad que estos ejercen en el bosque de manglar también ha sido poco estudiada. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue caracterizar la fauna de los artrópodos terrestres asociados aun ecosistema de manglar en la ciénega de Progreso dentro del Estado de Yucatán. En este estudio se realizaron tres campañas de colectas, una por cada temporada climática de la región durante diciembre de 2018 a junio de 2019. Se seleccionaron dos zonas de manglar con diferentes condiciones, uno en proceso de restauración (ZR) y otro conservado como referencia (ZC). En cada zona se realizaron 10 transectos y en cada uno de estos, se usaron tres métodos directos para la recolección de los artrópodos terrestres. Los ejemplares obtenidos se identificaron al nivel taxonómico posible y se les separó por morfoespecie, posteriormente se analizó la riqueza, abundancia, diversidad ( $\alpha$  y  $\beta$ ) entre zonas y entre temporadas climáticas, se clasificaron de acuerdo a su tipo de alimentación (gremio) y función en el ecosistema (grupo funcional), se realizaron curvas de rarefacción donde se comparó la diversidad funcional entre la zona conservada y la zona en proceso restauración. Adicionalmente se observó la relación de los artrópodos terrestres con el viento, la humedad y temperatura. Se identificaron 76 especies, pertenecientes a 28 familias y 13 Ordenes. El orden Hymenoptera y la familia Formicidae fueron los grupos más representativos. La ZC presentó mayor número de organismos y de especies, en tanto la ZR presentó una mayor diversidad. Entre ambas zonas se obtuvieron diferencias significativas y una diversidad  $\beta$  de 19%. Se obtuvieron un total de 6 gremios y 4 grupos funcionales para la ZC, y 7 gremios y 6 grupos funcionales para la ZR. En general, en ambas zonas los omnívoros/descomponedores fueron los grupos más abundantes, sin embargo, para la ZR se obtuvo mayor abundancia de entomófagos/depredadores y nectarívoros/polinizadores. La temporada de lluvias en la ZC fue la más diversa pero la ZR fue más equitativa, con respecto a la diversidad  $\beta$ , la época de lluvias presentó una similitud de 43%. El factor ambiental que más afecto a los artrópodos terrestres fue el viento. Este trabajo es una de las investigaciones pioneras en uso de los artrópodos terrestres para evaluar zonas de manglar en distinto nivel de conservación, además, sirvió para obtener un conocimiento taxonómico de la artropofauna asociada a los manglares de la costa norte de Yucatán.

**Palabras clave:** Artrópodos terrestres, restauración en manglares, grupos funcionales, gremios, diversidad.

## ABSTRACT

Mangrove forests are exceptionally useful ecosystems as they provide different ecosystem services, however the stability of these forests has been threatened. In Mexico, the loss of this ecosystem has been mainly due to natural disasters, changes in land use or road construction. The Yucatan Peninsula has been a state that has faced this type of disturbance, in face of this scenario, restoration projects have been carried out which are monitored by hydrological and structural variables; however, the structure and faunal function have been the less evaluated parameters. Within the fauna, terrestrial arthropods are considered the group with the most known species, they have great importance in ecosystems due to the fact that they fulfill important processes. Despite this, the diversity and functionality that these exert in the mangrove forest it has also been poorly studied. Therefore, the aim of this research was to characterize the fauna of terrestrial arthropods associated with a mangrove ecosystem in the Progreso swamp at the State of Yucatán. In this study, three samplings were made, one for each climatic season from December 2018 to June 2019. Two mangrove areas were selected under different conditions, one in restoration process (ZR) and the another in mangrove conserved as a reference (ZC). In each zone, 10 transects were made and three direct methods were used for the collection of terrestrial arthropods. The specimens obtained were identified at the possible taxonomic level and separated by morphospecies. Richness, abundance, diversity ( $\alpha$  and  $\beta$ ) between zones and between climatic seasons were analyzed, they were classified according to feeding type (guild) and function in the ecosystem (functional group), rarefaction curves were made and functional diversity was compared between the conserved and restored areas. The relationship of terrestrial arthropods with environmental variables (wind, humidity and temperature) was observed. seventy-six species were identified, belonging to 28 families and 13 Orders. The Hymenoptera order and the Formicidae family were the most representative groups. The ZC presented a greater number of organisms and species, while the ZR presented a greater diversity. Significant differences and a  $\beta$  diversity of 19% were obtained between both areas. A total of 6 guilds and 4 functional groups were obtained for the ZC, and 7 guilds and 6 functional groups for the ZR. In general, for both zones, omnivores/decomposers were the most abundant groups. However, for the ZR a greater abundance of entomophages/predators and nectarivores/pollinators was obtained. The rainy season in the ZC was the most diverse but the ZR was the highest evenness, according to  $\beta$  diversity, the rainy season presented a similarity of 43%. The environmental factor that most affected terrestrial arthropods was the wind. This work is one of the pioneering investigations in the use of terrestrial arthropods to evaluate mangrove areas at different levels of conservation, an also, it served to obtain a taxonomic knowledge of the arthropofauna associated with the mangroves of the northern coast of Yucatán.

**Keywords:** Terrestrial arthropods, restoration in mangroves, functional groups, guilds, diversity.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
ECOSISTEMA DE MANGLAR .....	1
MANGLARES EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN .....	3
RESTAURACIÓN EN MANGLARES.....	4
ARTRÓPODOS TERRESTRES Y EL ECOSISTEMA DE MANGLAR .....	6
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>5. OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
GENERAL.....	11
ESPECÍFICOS .....	11
<b>6. MATERIAL Y MÉTODO .....</b>	<b>12</b>
ÁREA DE ESTUDIO.....	12
DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE MUESTREO .....	13
DISEÑO DE MUESTREO .....	15
Fase en campo .....	15
Procesamiento de organismos recolectados .....	17
Fase de laboratorio.....	18
<b>7. ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>18</b>
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR .....	18
Variables estructurales, variables hidrológicas y variables ambientales .....	18
Fases reproductivas del manglar.....	19
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ARTRÓPODOS TERRESTRES.....	19
Diversidad de los artrópodos terrestres .....	19
Relación de los artrópodos terrestres con las variables ambientales .....	20
Composición de gremios y grupos funcionales .....	21
Relación grupos funcionales y fases reproductivas del manglar .....	21
Estimador de riqueza y comparación funcional entre zonas .....	22
<b>8.RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ECOSISTEMA DE MANGLAR .....	23
Variables estructurales.....	23
Variables hidrológicas .....	24
Variables ambientales.....	24
Fases reproductivas del manglar.....	26
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ARTRÓPODOS TERRESTRES.....	28
Composición general .....	28
Diversidad de los artrópodos terrestres por zonas .....	30
Diversidad de los artrópodos terrestres por temporadas climáticas entre zonas .....	33
Análisis estadísticos.....	37

Relación de los artrópodos terrestres con las variables ambientales .....	39
Composición de gremios y grupos funcionales .....	41
Relación grupos funcionales y fases reproductivas del manglar .....	44
Estimador de riqueza y comparación funcional entre zonas .....	44
Comparación funcional.....	46
<b>9. DISCUSIÓN.....</b>	<b>47</b>
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN VEGETAL .....	47
Fases reproductivas del manglar.....	48
ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ARTRÓPODOS TERRESTRES.....	48
Artrópodos terrestres por zonas .....	49
Artrópodos terrestres por temporadas climáticas entre zonas. ....	53
Composición y función de los artrópodos terrestres en el ecosistema de manglar .....	55
Relación grupos funcionales y fases reproductivas del manglar .....	56
<b>10. CONCLUSIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>11. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>59</b>
<b>12. ANEXO I.....</b>	<b>75</b>
Fotografías de los organismos asociados al ecosistema de manglar, dentro de la ciénega de Progreso, Yucatán. *Se incluyen dos especies de mariposas recolectadas en salida piloto.....	75

## CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición taxonómica de los artrópodos terrestres asociados al ecosistema de manglar en una zona conservada y en una zona en proceso de restauración. ....	29
<b>Tabla 2.</b> Índice de diversidad y equidad por zonas.....	32
<b>Tabla 3.</b> Índice de diversidad y equidad por temporadas climáticas entre zonas. ....	36
<b>Tabla 4.</b> Resultado del análisis SIMPER para las zonas y temporadas. Se muestran los valores de la disimilitud media entre los grupos y la contribución hasta el 70% de cada especie a dicha disimilitud. ....	38
<b>Tabla 5.</b> Análisis de redundancia (RDA) de los ordenes de artrópodos terrestres y variables ambientales del manglar. ....	39
<b>Tabla 6.</b> Gremios y grupos funcionales de la comunidad de artrópodos terrestres asociados al ecosistema de manglar conservado (ZC) y en proceso de restauración (ZR). ....	42
<b>Tabla 7.</b> Correlación de Spearman ( $p < 0.05$ ), entre la abundancia de los artrópodos terrestres por grupo funcional y las fases de reproductivas de los manglares por zona. Los resultados sombreados indican las relaciones con diferencias significativas. ....	44

### FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del área de estudio .....	12
<b>Figura 2.</b> Zonas de muestreo. Foto: Google Earth, 2020.....	13
<b>Figura 3.</b> Zona conservada (ZC).....	14
<b>Figura 4.</b> Zona en proceso de restauración (ZR) .....	14
<b>Figura 5.</b> Diseño de muestreo y localización de transectos .....	15
<b>Figura 6.</b> a) Medición de las variables estructurales (cobertura), b) registro de variables ambientales, c) y d) conteo de flores, frutos y botones.....	16
<b>Figura 7.</b> a) Recolección directa con aspirador, b) recolección directa con pinzas, c) recolección con red de golpeo d) Recolección con red aérea. ....	17
<b>Figura 8.</b> Variables estructurales de a) abundancia, b) altura, c) diámetro a la altura del pecho y d) cobertura por zonas. Los datos que se muestran son media y el error estándar ( $\pm EE$ ). ....	23
<b>Figura 9.</b> Salinidad en las zonas de manglar conservado y restaurado. Se muestran la media y error estándar ( $\pm EE$ ) a) superficial, b) intersticial.....	24
<b>Figura 10.</b> Variables ambientales en las zonas de manglar restaurado y conservado, se muestran la media y el error estándar ( $\pm EE$ ) para a) velocidad de viento, b) humedad y c) temperatura. ....	25
<b>Figura 11.</b> Variables ambientales en las zonas de manglar restaurado y conservado por épocas climáticas, se muestran la media y el error estándar ( $\pm EE$ ) para a) velocidad de viento, b) humedad y c) temperatura. ....	26
<b>Figura 12.</b> Abundancia de flores, frutos y botones por a) zona y por b) temporada .....	27
<b>Figura 13.</b> Abundancia relativa de los artrópodos terrestres (ZC + ZR). ....	28
<b>Figura 14.</b> Riqueza y abundancia de los artrópodos terrestres en la ZC y en la ZR.....	31
<b>Figura 15.</b> Abundancia relativa de los órdenes de artrópodos terrestres asociados a la ZC y ZR. ....	31

<b>Figura 16.</b> Abundancia relativa de las Familias de los artrópodos terrestres asociados a la ZC y ZR. ....	32
<b>Figura 17.</b> Porcentaje de similitud de acuerdo al índice de Jaccard y representación grafica mediante el diagrama de Venn del número de especies compartidas (EC) y exclusivas (EE) con relación a las zonas de muestreo. ....	33
<b>Figura 18.</b> Riqueza de la comunidad de artrópodos terrestres por temporada climática entre zonas .....	33
<b>Figura 19.</b> Abundancia de la comunidad de artrópodos terrestres por temporada climática entre zonas .....	34
<b>Figura 20.</b> Representación de la abundancia relativa por Orden para temporadas climáticas entre zonas (ZC y ZR). ....	35
<b>Figura 21.</b> Representación de la abundancia relativa por Familia para temporadas climáticas entre zonas (ZC y ZR). ....	35
<b>Figura 22.</b> Porcentaje de similitud de acuerdo al índice de Jaccard y representación grafica mediante el diagrama de Venn del número de especies compartidas (EC) y exclusivas (EE) con relación las temporadas climáticas entre zonas. ....	36
<b>Figura 23.</b> Analisis nMDS a partir de la matriz Bray-Curtis, con base a la comunidad de artrópodos terrestres entre a) zonas y b) temporadas. ....	37
<b>Figura 24.</b> Análisis de Redundancia (RDA) de la Zona conservada (ZC), basado en la abundancia de los artrópodos terrestres y su relación con variables ambientales. ....	40
<b>Figura 25.</b> Análisis de Redundancia (RDA) para la zona en proceso de restauración (ZR), basado en la abundancia de los artrópodos terrestres y su relación con variables ambientales. ....	41
<b>Figura 26.</b> Abundancia de artropodos terrestres por gremio y grupo funcional en ZC y ZR. ....	43
<b>Figura 27.</b> a) Curva de rarefacción-extrapolación basado en el número de individuos. La sombra muestra el intervalo de confianza al 95%. b) Curva de completitud basado en la cobertura de muestra. Las lineas punteadas muestran la intercepción del porcentaje de completitud y el valor esperado de la riqueza obtenida.....	45
<b>Figura 28. Grupo funcional: Polinizadores:</b> a) Curva de rarefacción-extrapolación basado en el número de individuos. La sombra muestra el intervalo de confianza al 95%, b) Curva de completitud basado en la cobertura de muestra. Las lineas punteadas muestran la intercepción del porcentaje de completitud y el valor esperado de la riqueza obtenida.....	46
<b>Figura 29.</b> Organismos asociados al ecosistema de manglar en la costa Norte de Yucatán, representando algunos gremios y grupos funcionales. Fotos: Robles-Toral; García-Martínez y Salinas-Peba. ....	56

# 1.INTRODUCCIÓN

## Ecosistema de manglar

Los humedales son zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres, constituyen áreas de inundación temporal o permanente. La duración de la inundación es un factor controlador que permite el desarrollo del suelo, la vegetación y por lo tanto la fauna asociada (Environmental Laboratory, 1987; Mistch y Gosselink, 2000; Ramsar, 2006). Estos ecosistemas son uno de los más importantes del mundo, ya que mantienen una alta diversidad biológica, diversas fuentes de agua y una gran productividad (Ramsar, 2006). Entre los diferentes tipos de humedales se reconoce a los manglares como uno de los ecosistemas con mayor relevancia.

Los manglares son comunidades vegetales constituidas principalmente por árboles o arbustos tropicales limitados a la zona intermareal y comunidades adyacentes. Esta comunidad está adaptada a terrenos con aguas hipersalinas, frecuentemente inundados y bajo condiciones de anoxia, por lo que la presencia de diferentes estructuras especializadas como pneumatóforos y lenticelas, les permiten crecer en este tipo de ambiente (Mistch y Gosselink, 1986; López-Portillo y Ezcurra, 2002; Teutli-Hernández, 2004).

Los ambientes de manglar y las especies que los constituyen son el resultado de la interacción de diferentes factores clave: geofísicos (la historia de la superficie terrestre, nivel medio del mar, clima y mareas), geomorfológicos (patrón de sedimentación, erosión, dominancia de procesos costeros y microtopografía), hidrológicos (hidroperiodo, aporte de nutrientes y calidad de agua), y biológicos (adaptación de los individuos, migración y extinción e interacciones inter e intraespecíficas). Estos factores tienen efectos en los procesos de dispersión, viabilidad y establecimiento de propágulos (Thom 1984; Twilley *et al.* 1998 Duke *et al.* 1998; Rodríguez *et al.* 2018). Así mismo, la combinación de estos factores clasifica los ecosistemas de manglar en diferentes escenarios ambientales tales como deltas, delta/laguna, estuarios y lagunas costeras (Pinzón, 2017). A su vez, patrones como microtopografía e hidroperiodo determinan los diferentes tipos ecológicos de manglar en: manglar de franja, cuenca, chaparro, riverino y manglar de petén. Estos diferentes escenarios

difieren en la estructura forestal y productividad del manglar (Herrera-Silveira *et al.* 1998; Teutli-Hernández, 2004, Pinzón, 2017).

Los ecosistemas de manglar mantienen funciones ecológicas importantes, además, brindan diversos servicios como: servicios de regulación (son grandes sumideros de carbono, sirven como barrera de protección contra tormentas, control de erosión, regulación climática), servicios culturales (como enriquecimiento espiritual, recreación y características estéticas), servicios de provisión (por ejemplo: leña, medicina, combustible y miel) y servicios de soporte (proveen de hábitat a diferentes especies faunísticas) (Hernández-Blanco *et al.* 2018; Owuor *et al.* 2019). A pesar de la enorme importancia ecológica y económica que los mangles proveen, la estabilidad de estos ecosistemas se ve amenazada por desastres naturales y principalmente por la continua perturbación antropogénica (Osorio *et al.* 2016); tan solo entre los años 1980 a 2005 se perdieron alrededor de 3.6 millones de hectáreas, lo que corresponde al 20% del área total a nivel nacional. Esta cifra supera las tasas de pérdida registrada para bosques tropicales y arrecifes de coral. Indonesia, Pakistán, Papua Nueva Guinea, Panamá y México registraron las mayores pérdidas de manglares durante esos años (Valiela *et al.* 2001; FAO, 2007).

México, por su extensión de manglar ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, debido a que este ecosistema abarca un total del 5.4% de su territorio (Giri *et al.* 2011). En los años 90's se perdió más del 60% de la superficie total nacional debido a la deforestación por infraestructura industrial (Yáñez-Arancibia y Lara-Domínguez, 1999). Para el año 2005 se reconoció una cobertura total de 774,134 ha, la cual bajo a 764,774 ha en 2010, y pasó a 775 55ha en 2015, no obstante, la superficie de manglar sigue desapareciendo a tal grado que, para el año 2025 se espera un decrecimiento entre el 40 y el 50% (Flores *et al.* 2010, Valderrama-Landeros *et al.* 2017). Esta disminución ocasiona la pérdida de los servicios ecosistémicos que estos proveen (Valiela *et al.* 2001; Yáñez-Arancibia *et al.* 2014). Ante este panorama, el manejo de los ecosistemas a través de la conservación y la restauración ecológica fortalece el interés de revertir la pérdida y la degradación acelerada de la biodiversidad, así como de garantizar la disponibilidad de servicios ecosistémicos (Vargas, 2011; Zhao *et al.* 2016). Cabe mencionar que aun cuando se ha visto a los manglares como uno de los ecosistemas más amenazados; la información y preocupación por las pérdidas se

ha expresado principalmente en literatura especializada y por lo tanto ha recibido poca publicidad para la comunidad en general (Valiela *et al.* 2001).

### **Manglares en la península de Yucatán**

En México, los ecosistemas de manglar se dividen en 5 regiones: Pacífico norte, Pacífico centro, Pacífico sur, Golfo de México y Península de Yucatán (Rodríguez-Zúñiga *et al.* 2013; Rodríguez *et al.* 2018). Esta última región registra el primer lugar por cobertura de manglar, con 421,926 ha (equivalente al 54.4%). A nivel de estatal, Campeche encabeza la lista con mayor superficie de manglares con 198,853 ha (25.6%), seguido de Quintana Roo con 129,902 ha (16.7%) y Yucatán con 93,171 ha (12%) (Valderrama-Landeros *et al.* 2017). Dentro de la península de Yucatán, los bosques de manglar se desarrollan en suelos cársticos (compuesto por un sustrato de carbonato). Este tipo de suelo, al ser permeable, da como resultado la falta de ríos superficiales y favorece el flujo de agua provenientes de ríos subterráneos, en consecuencia, se forma una zona conocida como “anillo de cenotes”. Este sistema de aguas subterráneas viaja hacia la costa y se mezcla con el agua de mar antes de desembocar en el océano, dando como resultado los diferentes tipos ecológicos de manglar (franja, cuenca, petén y chaparro) (Zaldívar *et al.* 2010; Adame *et al.* 2012). Entre las especies que conforman los tipos ecológicos de manglar se encuentra: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) (Zaldívar *et al.* 2010).

Los manglares de la costa norte de la Península de Yucatán han sufrido grandes modificaciones a partir de 1948, sin embargo, fue a mediados de los setenta cuando la construcción del puerto de abrigo (de Yucalpetén), y la construcción de la carretera Mérida-Progreso ocasionó cambios en la hidrología; observándose una reducción significativa en la estructura y distribución de la vegetación del manglar (INE, 1986; Zizumbo, 1989; Batllori-Sampedro *et al.*, 1999; Teutli-Hernández, 2004). No obstante, fue a partir del año 2009 cuando comenzaron los proyectos y acciones de restauración principalmente en los municipios de Celestún y Progreso, mediante acciones de reforestación, construcción de pasos de agua en carreteras y canales, así como desazolve de manantiales (Teutli-Hernández, 2004; Herrera-Silveira *et al.* 2009; Herrera-Silveira *et al.* 2012; Echeverría, 2014; Teutli-Hernández y Herrera-Silveira, 2016).

## Restauración en manglares

La restauración ecológica es una actividad que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad; se define como el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido; a fin de reflejar valores considerados inherentes al ecosistema, y proporcionar bienes y servicios que las personas valoran (SER, 2004; Martin, 2017). El objetivo principal de la restauración ecológica es el restablecimiento de las características estructurales, la biodiversidad y la función ecológica que prevalecían antes de la degradación (Meli, 2003, Benayas *et al.* 2009; Maglianesi, 2011). Por otro lado, la ecología de la restauración es un área de la ciencia que a partir de la teoría ecológica desarrolla principios para guiar la práctica de la restauración, por lo que involucra un proceso de análisis y una metodología definida que finalmente aportará fundamentos científicos (Maglianesi, 2011; López-Barrera *et al.* 2017; Teutli-Hernández, 2017).

Un elemento fundamental en cualquier proyecto de restauración es el seguimiento del proceso y sus resultados, el cual se puede llevar a cabo por medio de una evaluación, que es la medición de atributos específicos del ecosistema en una sola ocasión o a través del monitoreo (Callaway *et al.* 2001). Dicho monitoreo consiste en la repetición sistemática de variables establecidas en un sitio restaurado y al mismo tiempo se mide y compara con un sitio de referencia, a través del tiempo, (Callaway *et al.* 2001; Ruíz-Jaen y Aide, 2005; Teutli-Hernández, 2017), lo que permite observar como se aproxima la restauración a las metas establecidas o bien, tomar medidas correctivas necesarias para lograrlo (Lindig-Cisneros y Zambrano, 2007).

Existen múltiples parámetros que se pueden evaluar en un proyecto de restauración, la mayoría de estos se enfocan en variables físicas, químicas y de estructura vegetal (Lindig-Cisneros y Zambrano, 2007) pero poco se ha reportado sobre aspectos faunísticos tales como la composición biológica de los macroinvertebrados (Moreno-Mateos, 2012; Teutli-Hernández, 2017). Dentro de estos organismos, la estructura y la participación de las comunidades de artrópodos terrestres es muy poco conocida en humedales (Van der Hammen *et al.* 2008) y menos estudiada en los ecosistemas de manglar (González, 2006;



Kulkarni y Mukadam, 2015), por lo que aún existe un vacío en la información entre la biodiversidad y la función ecológica que cumple los artrópodos terrestres en el ecosistema de manglar (Benayas *et al.* 2009, García-Gómez *et al.* 2014).

Los artrópodos terrestres tienen diferentes respuestas a los cambios ocasionados por la degradación del ecosistema, por lo que pueden reaccionar conjuntamente con los manglares ante impactos ambientales (Yáñez-Arancibia *et al.* 2014). De tal manera que la presencia o abundancia este grupo es determinante para el desarrollo y recuperación de los ecosistemas terrestres alterados. Así mismo, el conocimiento de la estructura y función en la cual se desarrolla esta fauna podría proveer información valiosa para utilizar este grupo como una variable en el monitoreo de la restauración en manglares (Majer, 1997; Lucio-Palacio *et al.*, 2014).

Dentro de los artrópodos terrestres se han propuesto el uso de diversas especies indicadoras de ecosistemas degradados, como son los escarabajos, las hormigas (Cultid-Medina y Medina, 2015; Jiménez-Carmona *et al.* 2015) y las mariposas (Del Val *et al.* 2016). No obstante, poco se ha hablado del uso de los artrópodos terrestres como variable/indicador a nivel funcional. Las características funcionales que cumplen los artrópodos terrestres en cualquier ecosistema se pueden clasificar dentro de grupos funcionales (Córdova-Tapia y Zambrano, 2015). El término grupo funcional junto con la palabra gremio, son conceptos que se emplean para describir y estudiar las comunidades dentro de un ecosistema. Estos conceptos están basados en la similitud de las respuestas a las condiciones ambientales, así como a los recursos o los procesos del ecosistema (Schowalter, 2006). El término gremio es utilizado cuando el recurso aprovechado es el alimento (Blondel, 2003), mientras que un grupo funcional se refiere a un grupo de especies que ejercen funciones equivalentes, proveyendo así una función ecosistémica (Steneck, 2001; Blondel, 2003; Cordero, 2008).

## **Artrópodos terrestres y el ecosistema de manglar**

Los artrópodos son conocidos como el filo más grande de organismos de todo el planeta con más de un millón de especies descritas hasta el momento. Entre los grupos que actualmente componen a este filo se encuentran: los quelicerados (donde se incluyen las arañas, ácaros y otros arácnidos), y los mandibulados (que abarca cangrejos, isópodos, insectos, entre otros). De estos últimos, los insectos (clase Insecta), es el subgrupo más grande, alberga el 80% del total de los artrópodos y está representado por mariposas, escarabajos, libélulas, hormigas, chinches y abejas, entre otros (Johnson y Triplehorn, 2005).

En el contexto ecosistémico, cada organismo perteneciente al filo Arthropoda tiene relevancia en los ecosistemas, por ejemplo, las arañas se caracterizan por presentar alta diversidad taxonómica y por exhibir respuestas a cambios ambientales específicos, además representan un papel importante en la cadena trófica puesto que son componentes efectivos de control natural de plagas (Clough *et al.* 2005; Ibarra-Núñez *et al.* 2011). Dentro de los arácnidos, también se encuentran los ácaros los cuales establecen relaciones con animales, plantas y hongos, o bien pueden ser de vida libre adoptando un amplio espectro de hábitos alimentarios. Algunos presentan la función fundamental como depredadores de otros invertebrados que son plagas en cultivos agrícolas, otros son saprófagos, alimentándose de los tejidos de plantas o animales muertos, otros tantos son microbívoros, es decir se alimentan de hifas de hongos, algas, protozoos o bacterias, lo que proporcionan un reciclado de nutrientes en los suelos forestales (Krantz, 2009; Pérez *et al.* 2014). Así mismo, los insectos juegan un papel crucial como fuente importante de alimento para otros depredadores como aves y reptiles, mientras que otros insectos desempeñan un papel vital en el mantenimiento y reproducción de las comunidades de vegetales (Grampurohit y Karkhanis, 2013; Guzmán-Mendoza *et al.* 2016).

La importancia que tienen todos estos organismos no siempre corresponde a la percepción que tiene la sociedad sobre ellos, ya que dada su diversidad y abundancia desempeñan un papel fundamental en prácticamente todos los ecosistemas (Pinkus, 2010; Ribera *et al.* 2015), sin embargo el conocimiento de esta fauna ha sido menos estudiada en los bosques de manglar y en consecuencia, a menudo se omiten en las evaluaciones de la

biodiversidad general (Sandilyan y Kathiresan, 2012; Kulkarni y Mukadam, 2015; Lee *et al.* 2017). La escasa información que se tiene de los artrópodos terrestres esta enfocada mayormente a los insectos, puesto que debido a su abundancia y diversidad estos pueden ejercer una mayor presión a las especies de mangle, ya sea como organismos dañinos o benéficos (Cannicci *et al.* 2008; Guzmán-Mendoza *et al.* 2016). Dentro del manglar, los insectos se pueden clasificar de acuerdo a su alimentación en: detritívoros, los cuales se nutren de madera u hojas muertas en descomposición; xilófagos cuyos organismos basan su dieta en madera; depredadores que se alimentan de otros insectos y herbívoros, son aquellos que se alimentan de hojas, flores y semillas (Macintosh y Ashton, 2002, Flores *et al.* 2014; Lee *et al.* 2017). Este último grupo consume un pequeño porcentaje de la producción primaria (Minchinton y Dalby-Ball, 2001; Trisnawati *et al.* 2019), sin embargo, se han reportado daños al mangle causado por este grupo que afectan la supervivencia de los árboles (Anderson y Lee, 1995; Kathiresan y Bingham, 2001; Menezes y Mehlig, 2005). Algunos otros organismos, participan de manera positiva a los manglares, por ejemplo, los depredadores intervienen como controladores biológicos y los detritívoros pueden ser importantes descomponedores de árboles muertos, pero poco se sabe sobre estos organismos (Macintosh y Ashton, 2002).

A pesar de los beneficios y la importancia que muchos de los insectos desempeñan en la estructura y función en el ecosistema, la biodiversidad de estos se encuentra amenazada y se revela que existe una drástica disminución que puede llegar a la extinción del 40% de las especies de insectos en las próximas décadas (Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2019). Así mismo, la problemática de la pérdida de manglares se encuentra aunado en la pérdida de estos organismos, ya que perder parte la biodiversidad de manglares e insectos puede causar diferentes efectos en el funcionamiento de los ecosistemas y, por tanto, en el suministro de los servicios ambientales para la sociedad (Uribe, 2015).

## 2. ANTECEDENTES

A nivel mundial, las actividades antropogénicas son las principales causas de deterioro de los ecosistemas de manglar, debido a los asentamientos humanos, puertos de abrigo y construcción de carreteras que alteran el equilibrio entre las entradas de agua dulce y salada, lo cual provoca un deterioro y muerte del manglar (Teutli-Hernández, 2004). Debido a la amenaza y gran pérdida de los manglares, las investigaciones se han orientado en evaluaciones ecológicas en sistemas de manglar conservados como en manglares restaurados (Budiadi *et al.* 2020; Dencer-Brown *et al.* 2020). Dentro de estos estudios el tema de la restauración ecológica se ha convertido en una actividad prioritaria para la recuperación de manglares (Adame *et al.* 2014, Teutli-Hernández, 2017). No obstante, Lee *et al.* (2017) y Moreno-Mateos (2012) mencionan que aún existe un sesgo en el conocimiento de la ecología de la restauración, hablando en términos faunísticos y más aun cuando se refiere a la ecología de los artrópodos terrestres con respecto a los manglares y el uso de ellos como variable faunística en un monitoreo posterior a una restauración.

Con respecto a lo anterior, se han realizado diversas investigaciones con el objetivo de evaluar las actividades de restauración. En Nueva Zelanda, se realizó un seguimiento de la biodiversidad de los artrópodos terrestres dentro de manglares perturbados, los autores proporcionan un listado de ordenes y métodos de captura con el fin de proporcionar información para utilizar a estos como indicadores, sin embargo, recomiendan un seguimiento ecológico a largo plazo (Dencer-Brown *et al.* 2020). Budiadi y colaboradores (2020), observaron y documentaron un cambio en la diversidad de insectos posterior a las actividades de rehabilitación de un manglar en Indonesia, no obstante, concluyen que este cambio aún no se considera como un éxito de la rehabilitación.

En general, la mayoría de los estudios de artrópodos terrestres asociados al ecosistema de manglar se han enfocado principalmente en listados faunísticos dentro de zonas conservadas. Indonesia, Malasia, Singapur, Filipinas e India han sido los países con más investigaciones sobre la biodiversidad de artrópodos terrestres, específicamente sobre la clase Insecta (Rahaman, 2002; Sandilyan y Kathiresan 2012).

Grampurohi y Karkhanis (2013), realizaron una investigación de insectos presentes en los manglares de Mumbai, concluyendo que el ecosistema se encuentra en estado conservado por la presencia de especies plaga y especies beneficiosas. Kulkarni y Mukadam en 2015, realizaron un estudio de la fauna de insectos en los manglares del estuario Bhatye (India), reportando un total de 6 Ordenes. Estos autores mencionan que los insectos pueden ser residentes permanentes o solo visitantes transitorios, así mismo, algunos pueden ser dañinos o beneficiosos.

En México se ha registrado investigación respecto la diversidad de coleópteros y al daño de estos sobre la sobrevivencia de propágulos de mangle rojo (Martínez, 2013; Gerónimo-Torres *et al.* 2015); mientras que Castaño-Meneses (2012) y García-Gómez *et al.* (2014) se enfocan en la descripción de hormigas y otros artrópodos presentes en un bosque de manglar en Quintana Roo, así mismo Lucio-Palacio y colaboradores (2014) propusieron la evaluación de las arañas como variable en la restauración de manglares en Veracruz.

Los proyectos de restauración en México se iniciaron hace más de una década, sin embargo, aún no hay estudios concretos sobre el uso de artrópodos terrestres como indicadores del restablecimiento de manglares.

Es importante continuar con investigaciones que apoyen el conocimiento y las evaluaciones de diversidad, sobre todo para un ecosistema tan dinámico como el manglar, Dencer-Brown *et al.* (2020) recomiendan continuar con monitoreos y evaluaciones de diversidad ya que estos estudios pueden ayudar a tomar decisiones para preservar las áreas de manglar y a su vez brindan un amplio conocimiento de especies nuevas.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La restauración de manglares ha tenido gran importancia en los últimos años. En efecto, los resultados obtenidos tras esta acción se han observado y valorado con variables como: la estructura vegetal o por variables hidrológicas, sin embargo, rara vez se ha evaluado si el funcionamiento del ecosistema también se recupera. Considerando lo anterior, se ha dado énfasis en la evaluación desde un punto de vista funcional, esto permite asegurar que los ecosistemas tengan un funcionamiento equivalente al que tenían antes de la perturbación. Por lo cual, es necesario evaluar y caracterizar la fauna asociada a los manglares, así como los procesos ecológicos donde los organismos estén involucrados.

En los últimos años los expertos han utilizado la fauna de aves, peces y cangrejos para evaluar la recuperación del manglar, pero se ha reflejado una falta de esfuerzo y de conocimiento en otros grupos como es el caso de los artrópodos terrestres. Este grupo es considerado uno de los más grandes de todo el planeta (considero así por el número de especies que lo componen). Presentan gran importancia en los ecosistemas debido a que cumplen con procesos importantes tanto perjudiciales (que son aquellos que causan daño como las plagas), como benéficos para los procesos del ecosistema, por ejemplo, la depredación, la producción de detritus o la polinización. Por lo tanto, la presente investigación se enfoca en caracterizar la comunidad de artrópodos terrestres en un sitio de manglar en proceso de restauración y en uno de referencia, con el propósito de evaluar la respuesta funcional de estos ante la restauración.

### **4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo con lo anterior, nos lleva a plantear las siguientes preguntas: ¿Qué artrópodos terrestres están asociados a una zona de manglar en proceso de restauración y cuales se encuentran en una zona de manglar de referencia? ¿La diversidad de artrópodos terrestres es la misma en ambas zonas? ¿Cuáles son los gremios y grupos funcionales que forman los artrópodos terrestres en las dos zonas de manglar? ¿Qué factor ambiental afecta a los artrópodos terrestres? Y, por último; ¿Qué grupos de artrópodos terrestres pueden utilizarse para valorar el éxito de restauración en proceso de restauración en manglar?

## 5. OBJETIVOS

### General

- Identificar y comparar la estructura y función de la comunidad de artrópodos terrestres asociados a dos zonas de manglar, uno en proceso de restauración, y uno en estado conservado, dentro de la ciénaga del municipio de Progreso, Yucatán.

### Específicos

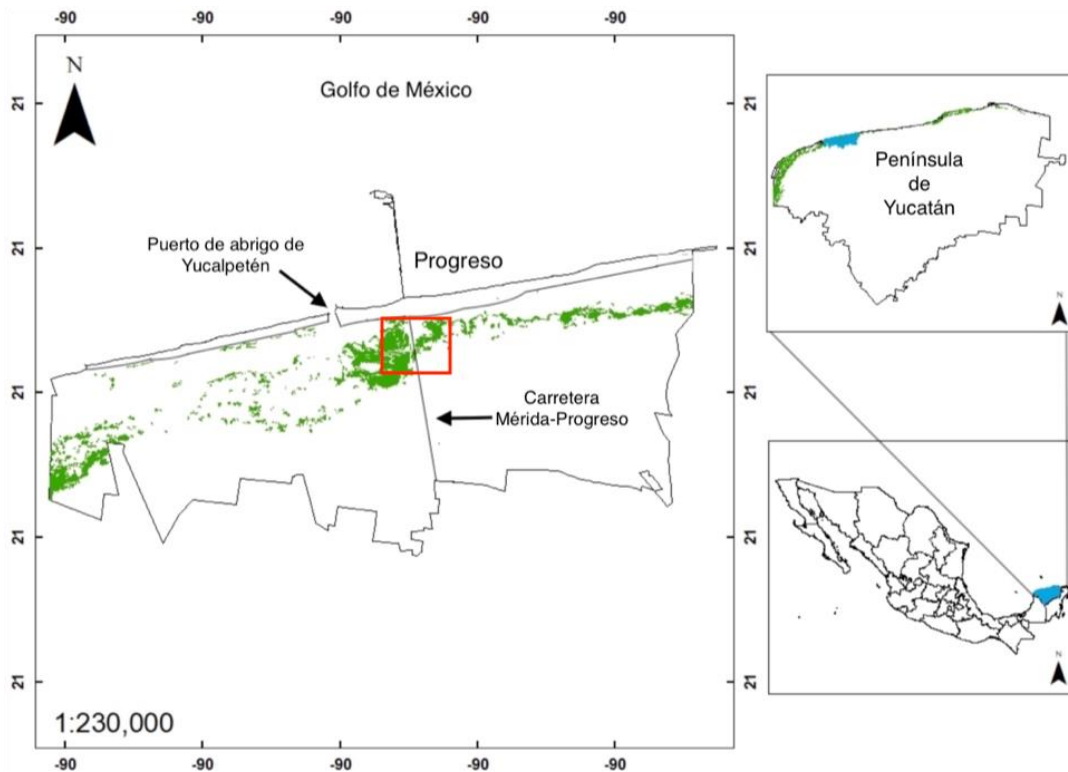
- Evaluar la estructura vegetal, variables hidrológicas y variables ambientales en la zona de manglar conservado y en la zona en proceso de restauración.
- Identificar taxonómicamente a los artrópodos terrestres asociados a la zona de manglar conservado y en la zona en proceso de restauración.
- Obtener la diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  de los invertebrados terrestres entre la zona de manglar conservado y en proceso de restauración.
- Obtener la diversidad  $\alpha$  y  $\beta$  de los invertebrados terrestres por temporadas climáticas y entre zonas.
- Analizar las variables ambientales que potencialmente afectan la composición y estructura de las comunidades de artrópodos terrestres asociados a las dos zonas de manglar.
- Clasificar a los artrópodos terrestres de ambas zonas en grupos funcionales y gremios.
- Identificar la relación entre las fases reproductivas del manglar y los grupos funcionales.

## 6. MATERIAL Y MÉTODO

### Área de estudio

El área de estudio corresponde a la ciénega de Progreso, la cual forma parte de un sistema de humedales conectados a todo lo largo del litoral del estado de Yucatán. La sección del área de estudio se ubica a 21°16'01" Norte y 89°39'40" Oeste, a un costado de la carretera Mérida-Progreso (Figura 1).

El clima que presenta es árido cálido, con una temperatura media anual mayor de 26-28°C (máxima 37.9 °C y mínima de 13.6 °C). Su precipitación pluvial es de 315.3 a 893.5 milímetros al año. La mayor precipitación se registra en junio, y la menor precipitación en el mes de abril. Los vientos dominantes soplan en dirección suroeste, estos vientos modulan el clima de la región, prevalecen todo el año y suelen ser débiles (Vázquez-Lule *et al.* 2009; Mendoza, 2018; SEMAR, 2020). La mayor parte de la vegetación esta representada por selva baja caducifolia, seguido de diferentes tipos de manglares, vegetación halófila, dunas costeras y matorral de duna costera. Su principal actividad económica es la pesca y el turismo (INEGI, 2009; Vázquez-Lule *et al.* 2009)



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio



## Descripción de las zonas de muestreo

Progreso se encuentra comunicado actualmente con la ciudad de Mérida por una carretera la cual atraviesa la ciénaga de sur a norte (Figura 1 y 2), esta infraestructura seccionó la ciénaga impidiendo el flujo natural de agua, provocando la muerte y fragmentación de la comunidad de manglar (INE, 1986). En el año 2005 comenzó el interés por rehabilitar la zona de manglar impactado, lo cual dio lugar a la reforestación de mangle rojo, sin embargo, este proyecto fue fallido. Tres años después, gracias al apoyo de sectores públicos, investigadores, comunidades y grupos organizados se llevo a cabo un programa de rehabilitación hidrológica, el cual tenía como meta la apertura y construcción de canales permitiendo así el flujo de agua (Herrera-Silveira *et al.* 2012). Como resultado, se observó la regeneración natural del manglar propiciando el establecimiento de propágulos de *Avicennia germinans* (Echeverría, 2014).

Del lado derecho de la carretera con dirección norte a sur, se puede observar la vegetación natural (zona conservada = ZC) y del lado izquierdo el efecto del impacto por la pérdida de conectividad hídrica (zona en proceso de restauración = ZR) Figura 2.



**Figura 2.** Zonas de muestreo. Foto: Google Earth, 2020

La ZC posee una inundación constante, con escasa profundidad. El flujo y reflujo del agua están influenciados por la boca de Yucalpetén y por la cercanía de manantiales. El suelo es arenoso y con buen insumo de nutrientes (INE, 1986; Teutli-Hernández, 2004). La salinidad intersticial es de 49 ppm. La vegetación es densa y esta conformada mayormente por plántulas y árboles de *Rhizophora mangle* con una altura promedio de 3.5 m (Herrera-Silveira *et al.* 2009) Figura 3.



**Figura 3.** Zona conservada (ZC)

La ZR anteriormente presentaba una salinidad intersticial mayor a 120 ppm, después de las acciones de restauración esta salinidad bajo a 60 ppm (Echeverría, 2014). En esta zona se observan árboles de 1.5 m de altura, predominando plántulas de *A. germinans* y algunas plántulas de *R. mangle*. Los periodos de inundación están regulados temporalmente por acciones de marea y por la época de lluvias (Arceo-Carranza *et al.* 2016) Figura 4.

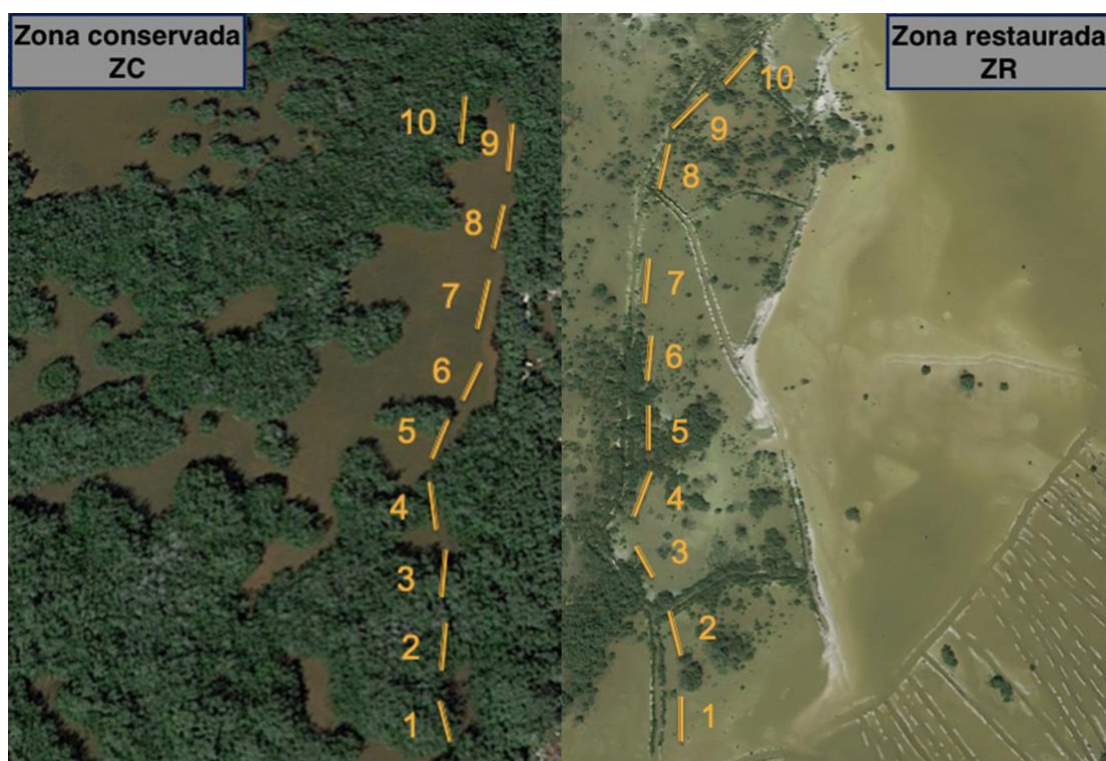


**Figura 4.** Zona en proceso de restauración (ZR)

## Diseño de muestreo

### *Fase en campo*

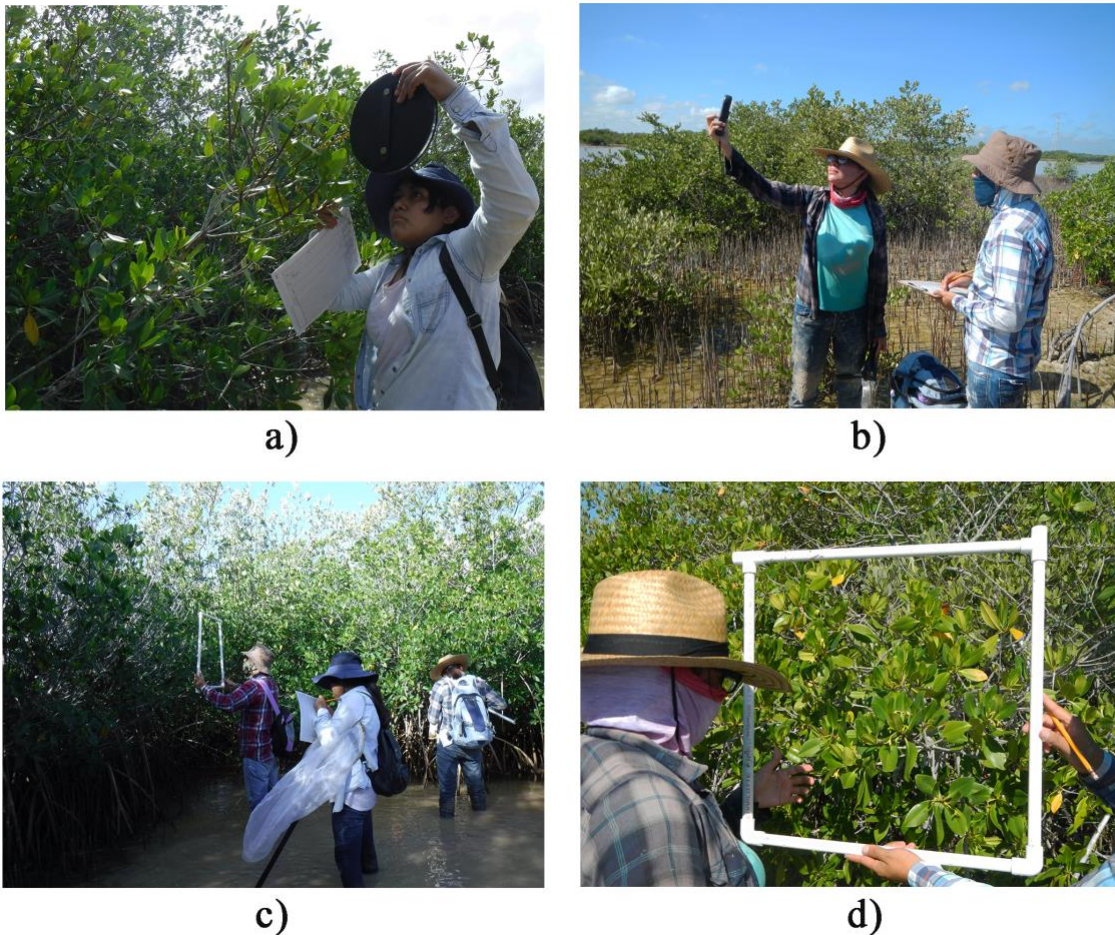
Las recolectas de los artrópodos terrestres se realizaron en las tres temporadas climáticas de la región: temporada de nortes (diciembre de 2018), secas (marzo de 2019) y lluvias (Julio de 2019). En ambas zonas de manglar (en proceso de restauración (ZR) y zona conservada (ZC)), se establecieron 10 unidades de muestreo las cuales fueron transectos de 5m (Figura 5).



**Figura 5.** Diseño de muestreo y localización de transectos

Con el fin de evaluar la estructura vegetal; en cada transecto se registró el número de individuos y las variables estructurales: especie de manglar, diámetro a la altura de pecho (DAP), altura de manglar y cobertura de la copa (Villeda *et al.* 2018) (Figura 6a). Así mismo, se registraron variables hidrológicas: salinidad superficial e intersticial, para ayudar a caracterizar las zonas de manglar. Por otro lado, se tomaron variables ambientales: humedad relativa, velocidad del viento, temperatura del ambiente, con la finalidad de observar si estas variables tienen algún efecto en los artrópodos terrestres que habitan este ecosistema (Figura

6b). Con el mismo objetivo, se contó el número de flores, propágulos y botones de cada árbol con ayuda de un cuadro de PVC de 1m<sup>2</sup> (Figura 6c y 6d).

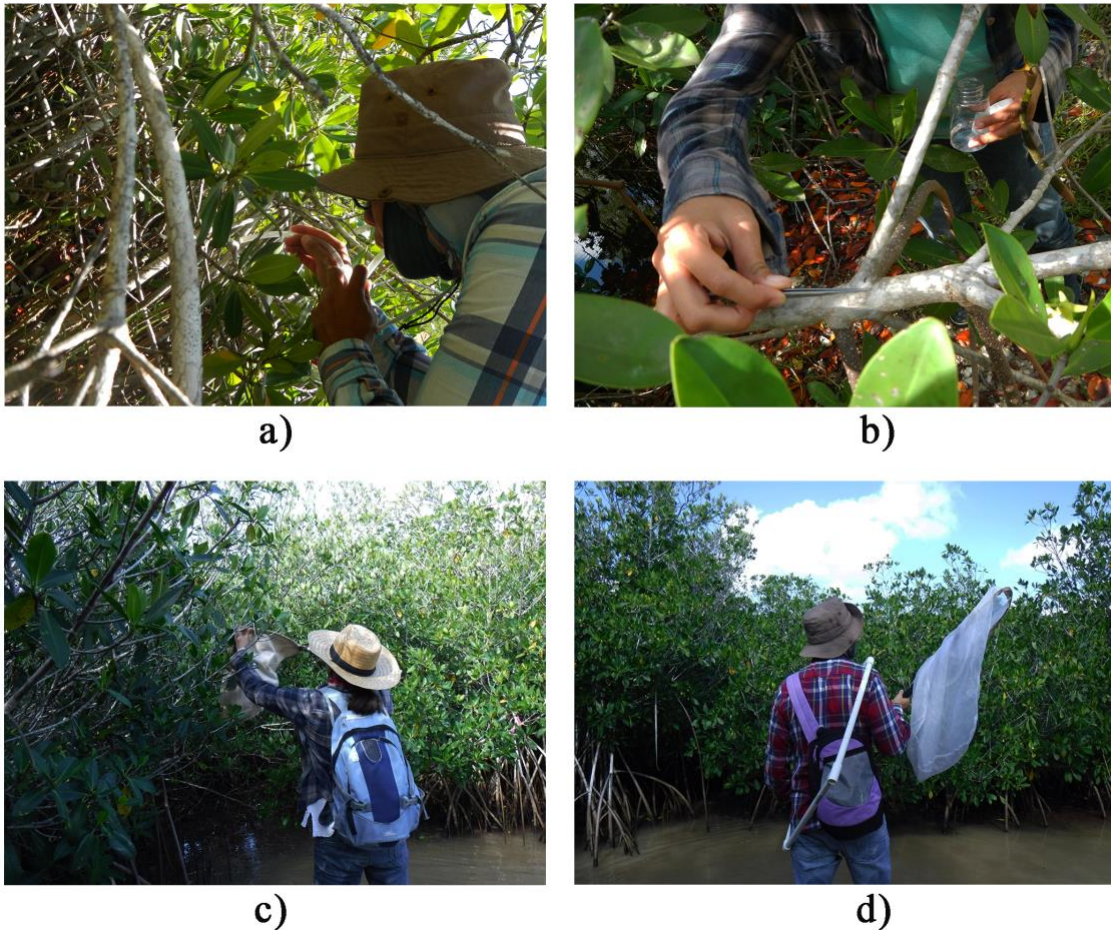


**Figura 6.** a) Medición de las variables estructurales (cobertura), b) registro de variables ambientales, c) y d) conteo de flores, frutos y botones.

Para la recolecta de artrópodos terrestres, se utilizó la técnica de recolecta directa la cual sugiere que el recolector busque de manera activa los organismos en su ambiente y en los sitios donde estos se distribuyen (Márquez, 2005). Esta técnica incluyó tres métodos:

- Método manual: Para este estudio se utilizaron aspiradores y pinzas entomológicas (Figura 7a y 7b), estableciendo un tiempo estándar de 2 minutos para este método en cada árbol de manglar dentro del transecto.
- Red de golpeo: es una herramienta de apoyo para la recolecta directa, esta técnica consiste en golpear la vegetación para que los organismos caigan. Este método se estandarizó con tres golpes a cada árbol de manglar por cada transecto (Figura 7c).

- Red aérea: es utilizado para la captura de insectos que se localizan en las partes altas de los árboles o bien para insectos de vuelo rápido como mariposas, abejas, moscas y libélulas. Para este estudio, la red aérea se utilizó por 3 minutos (Fernández *et al.* 2017) en cada transecto (Figura 7d).



**Figura 7.** a) Recolecta directa con aspirador, b) recolecta directa con pinzas, c) recolecta con red de golpeo d) Recolecta con red aérea.

### *Procesamiento de organismos recolectados*

Los especímenes recolectados se colocaron dentro de frascos con alcohol etílico al 70% excepto las libélulas y las mariposas; las primeras fueron sacrificadas con cámara letal para conservar su coloración mientras que las mariposas fueron sacrificadas en campo y se guardaron en bolsas de glassine (Simmons y Muñoz-Saba, 2005).

### *Fase de laboratorio*

Todos los artrópodos terrestres recolectados fueron llevados al laboratorio de Biología de la Conservación en el Parque Científico Tecnológico de Yucatán (PCTY) para ser identificados con claves hasta la categoría taxonómica posible usando microscopios estereoscópicos. Posteriormente los ejemplares se guardaron en frascos con alcohol al 70% y otros fueron montados usando alfileres entomológicos según lo recomendado por Márquez (2005). Finalmente fueron fotografiados y se incorporaron a la colección entomológica del mismo laboratorio.

## **7. ANÁLISIS DE DATOS**

### **Estructura y composición del ecosistema de manglar**

#### *Variables estructurales, variables hidrológicas y variables ambientales*

Para describir las variables estructurales entre la zona conservada y zona en proceso de restauración; se obtuvieron y graficaron métricas estadísticas básicas como la media para: la altura, cobertura y diámetro a la altura del pecho (DAP).

Para estimar la cobertura vegetal, se utilizó la fórmula de diámetro de copa (DC) (A), donde W1 es la longitud máxima de la copa (cruzando por el centro) y W2 es el ancho de la copa (perpendicular a W1). Posteriormente se estimó el área de copa (AC) (B) donde  $\pi$  es igual a 3.1416 y DC es el diámetro de copa en m (Villavicencio *et al.* 2009).

$$(A) \quad DC = \frac{W1+W2}{2} \qquad (B) \quad AC = \frac{\pi}{4} (DC)^2$$

En relación a las variables hidrológicas y ambientales, se obtuvieron las medias de cada variable y posteriormente se graficaron. Con el fin de observar si existen diferencias significativas de las variables ambientales y estructurales entre zonas; se analizó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk con un nivel de significancia de 0.05. Debido a que algunas variables no cumplieron con el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

### *Fases reproductivas del manglar*

Para observar, describir y comparar las fases reproductivas, se obtuvieron y graficaron las abundancias de las flores, frutos y botones que componen a los manglares de la zona conservada y zona en proceso de restauración. De la misma manera, se obtuvieron las graficas por temporalidad (nortes, secas y lluvias).

### **Estructura y composición de la comunidad de artrópodos terrestres**

Para determinar la diversidad, riqueza e índices de similitud, los artrópodos fueron clasificados a morfoespecie, independientemente su nivel de jerarquía taxonómica a la que se determinó.

### *Diversidad de los artrópodos terrestres*

Se analizó y comparó la comunidad de artrópodos terrestres con relación a la abundancia, abundancia relativa, riqueza, diversidad y equidad, por zona y por temporada climática entre zonas. La abundancia se estimó como el número de individuos del total de especies presentes, mientras que la abundancia relativa se obtuvo con la proporción de una especie respecto a todas las demás. A su vez, la riqueza se obtuvo con el número total de especies registradas. Por otro lado, la diversidad se determinó mediante la diversidad alfa ( $\alpha$ ) y diversidad beta ( $\beta$ ). La primera representa la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea, y la segunda es el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en un paisaje (Moreno, 2001)

Para medir la diversidad  $\alpha$  se utilizó el índice de Shannon bajo la fórmula (1), donde la variable  $p_i$  es la porción de  $i$  en la muestra. Este índice indica la relación entre la cantidad de especies presentes (riqueza) y la cantidad relativa de individuos (abundancia) en cada zona. Así mismo se calculó la equidad empleando la fórmula de Pielou (2) donde  $H$  es el índice de Shannon-Wiener y  $S$  es la riqueza de especies detectadas durante el muestreo.

$$(1) \quad H' = -\sum p_i \ln p_i$$

$$(2) \quad J \approx \frac{H}{\ln(S)}$$

La diversidad  $\beta$  se midió con el índice de similitud de Jaccard (3) donde  $c$  es el número de especies presentes compartidas entre las dos comunidades,  $a$  es el número de especies presentes en una comunidad, y  $b$  es el número de especies en la otra comunidad.

$$(3) \quad I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Este índice compara la composición de especies entre dos comunidades en función de su incidencia, por tanto,  $\beta J$  varía de 0 (cuando la composición de especies es diferente) a 1 (cuando la composición de especies es totalmente idéntica).

Para detectar la existencia de diferencias en la comunidad de artrópodos terrestres se utilizó el análisis de similitudes (ANOSIM) bajo la hipótesis nula de que no hay diferencias significativas en la composición y abundancia de especies entre zonas, ni entre temporadas. Este análisis es un procedimiento de permutación no paramétrico que genera un estadístico denominado  $R$ , cuando el valor de  $R$  es cercano a cero, la hipótesis nula es verdadera (Clarke y Warwick, 1994). Posteriormente se aplicó la técnica de porcentajes de similitud (SIMPER), para determinar que especies están contribuyendo más a la diferencia entre zonas y temporadas climáticas (Clarke y Warwick, 1994; Clarke *et al.* 2014).

Para observar si existe diferencia espacial en la estructura comunitaria de los artrópodos por zonas (ZC/ZR) y por temporadas (nortes, lluvias, secas), se realizó el método de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), el cual se basó en la riqueza y abundancia de los individuos, a partir de una matriz de Bray-Curtis (Clarke *et al.* 2014).

#### *Relación de los artrópodos terrestres con las variables ambientales*

Para analizar las variables ambientales que afecta el establecimiento de la comunidad de artrópodos terrestres, se realizó un análisis de correspondencia sin tendencia (DCA). Este análisis evalúa la longitud de las variables. Si el valor de la longitud de la variable es mayor a cuatro, se recomienda realizar CA o CCA, por el contrario, si el valor de longitud es menor a tres, es recomendable realizar RDA o PCA. (Leps y Smilauer, 2003). De acuerdo con lo sugerido, se realizó un análisis de redundancia (RDA) para examinar la relación de los



factores ambientales y la abundancia a nivel orden de los artrópodos terrestres asociados a cada zona estudiada.

### *Composición de gremios y grupos funcionales*

A fin de describir y analizar la función en la comunidad de artrópodos terrestres que habitan el ecosistema de manglar se utilizó el concepto de gremio (de acuerdo a su hábito alimenticio) y grupo funcional (rol trófico o función potencial en el ecosistema) (Blondel, 2003; Cordero, 2008), en este sentido todos los especímenes capturadas fueron clasificados de acuerdo a lo citado por Schowalter 2006; Cordero, 2008; Sánchez-Núñez, 2009; Pérez-Moreno y Marco-Mancebón, 2011; Duran, 2012; Romero y Tixi, 2015, en las siguientes categorías:

- **Gremio:** Fitófago (tejidos vegetales), entomófago (se alimentan de otros insectos/especies), omnívoros (se alimentan de todo), nectarívoro (néctar), polinívoro (polen), detritívoros (restos vegetales y en descomposición) y hematófago (alimentación a base de sangre).
- **Grupo funcional:** Herbívoro, depredador, parasitoides (viven de un hospedero que al final matan), polinizador, descomponedor y vector de enfermedades.

### *Relación grupos funcionales y fases reproductivas del manglar*

El funcionamiento del ecosistema esta determinado en gran medida por las interacciones que se dan entre organismos de diferentes especies, en este caso planta-artrópodos, por lo cual, las fases reproductivas de los manglares nos ayudan a comprender estas interacciones y al mismo tiempo representan la capacidad reproductiva del manglar (Stephenson, 1981; Castañeda 1998; Sánchez-Núñez, 2009). En este sentido, se realizó un análisis de coeficiente de correlación de Spearman con la finalidad de observar si las fases reproductivas del manglar tienen relación con la abundancia de los grupos funcionales. Este coeficiente mide la correlación de las variables aleatorias X y Y. Su estimador se representa como “*r*” y su valor fluctúa en el intervalo de -1 y 1, cuando la asociación entre X y Y se encuentre más cercano a 1, más fuerte será la asociación, mientras más cercano a cero sea, este indicara que la asociación es más débil. Si es igual a cero se concluirá que no existe relación alguna entre ambas variables (Restrepo y González, 2007). Un coeficiente con valor

negativo será una relación inversa, si el signo es positivo se denomina relación directa. Por último, el valor de “ $\rho$ ” es el estimador muestral asociado a la prueba de hipótesis de correlación nula (Quinn y Keough, 2002).

#### *Estimador de riqueza y comparación funcional entre zonas*

Con el propósito de analizar el esfuerzo de muestreo, estimar la riqueza y comparar la diversidad funcional de artrópodos entre zonas, se realizaron curvas de rarefacción para ambas zonas y para los grupos funcionales que presenten correlación significativa con la estructura vegetal. Según lo propuesto por Chao y Jost (2012), este método se basa en la interpolación y extrapolación, es decir, realiza un estimado a partir del valor de riqueza observada con la estimada. Así mismo, permite observar de manera general la completitud del muestro, el cual se evalúa mediante la “cobertura de la muestra”, esta cobertura mide la proporción que representan los individuos de cada especie en la muestra, con respecto al número total de individuos. Adicionalmente, con el valor esperado de riqueza obtenido, se obtuvo el nivel de completitud del muestreo y la proporción de la riqueza entre la zona conservada y la zona en proceso de restauración. La proporción de riqueza permite comparar de forma relativa la magnitud de las diferencias en la riqueza de especies entre las 2 comunidades o zonas, en función de la comunidad más rica, de la siguiente manera:  $S_A/S_B$  si una comunidad A tiene una riqueza  $S_A$  mayor que la riqueza  $S_B$  de la comunidad B, entonces la comunidad A será  $S_A/S_B$  veces más rica en especies que la comunidad B.

Para el análisis se utilizó el programa iNEXT (Hsieh, Ma y Chao, 2013; disponible en [http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software\\_download/inext-online/](http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/)). Los análisis se realizaron con 100 aleatorizaciones, extrapolando al doble el número de individuos de la comunidad con la menor cobertura de muestra y con intervalo de confianza de 95% (Chao y Jost, 2012).

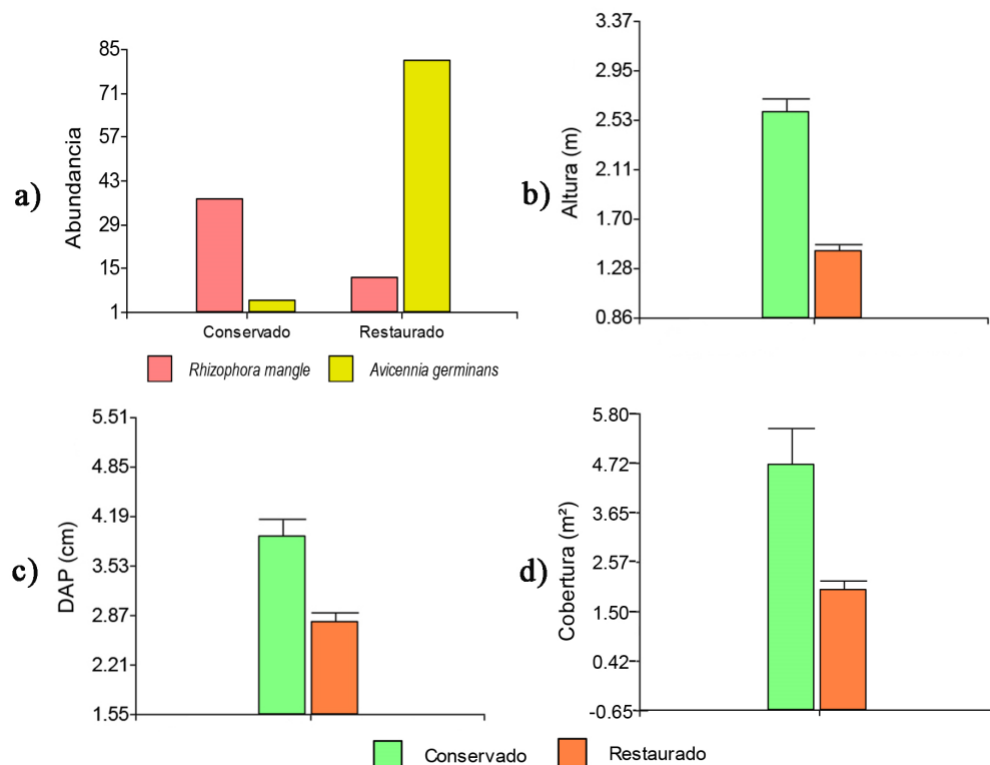
## 8.RESULTADOS

### Estructura y composición del ecosistema de manglar

#### Variables estructurales

La zona en proceso de restauración (ZR) presenta un total de 93 árboles de manglar de los cuales 87% corresponde a la especie *Avicennia germinans* y 13% a *Rhizophora mangle*, por el contrario, la zona conservada (ZC) presenta 37 árboles, *R. mangle* representa el 86% y *A. germinans* el 14% (Figura 8).

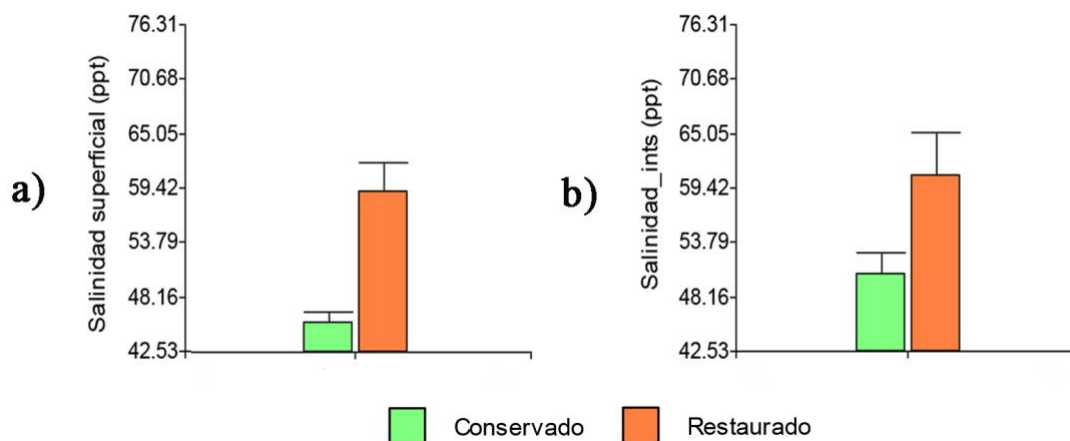
Las variables estructurales entre las zonas presentaron diferencias significativas. La zona que presentó mejor desarrollo estructural fue la zona conservada (ZC). En esta zona se registraron árboles de 2.5m de alto, mientras que, la altura de los árboles en la zona en proceso de restauración (ZR) fueron menores a 1.5m. La mayoría de los mangles en la ZC presentaron un DAP con una media total de 3.9cm. En cambio, la ZR mostró un DAP menor, con una media de 2.8cm. Respecto a la cobertura, los individuos de la ZR presentaron menor área, con una media de 1.9m<sup>2</sup>, por el contrario, la ZC registro árboles con una media de 4.6m<sup>2</sup> de cobertura (Figura 8).



**Figura 8.** Variables estructurales de a) abundancia, b) altura, c) diámetro a la altura del pecho y d) cobertura por zonas. Los datos que se muestran son media y el error estándar ( $\pm EE$ ).

### Variables hidrológicas

Se observó una mayor salinidad en la ZR (60.17ppt (superficial), 60.96ppt (intersticial)) a comparación de la ZC en donde se registró una disminución de la salinidad (45.5ppt (superficial), 50.5ppt (intersticial)) (Figura 9).

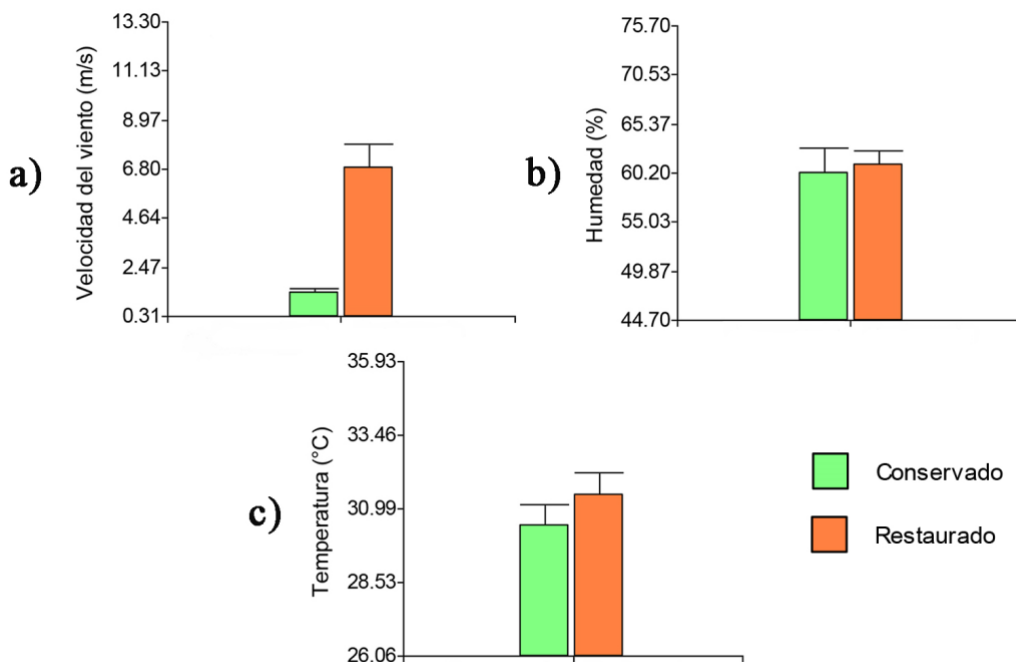


**Figura 9.** Salinidad en las zonas de manglar conservado y restaurado. Se muestran la media y error estándar ( $\pm EE$ ) a) superficial, b) intersticial.

### Variables ambientales

Los factores ambientales analizados con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney determinó que existen diferencias significativas en la velocidad del viento entre la ZC y la ZR, sin embargo, no se encontraron diferencias entre la humedad y la temperatura.

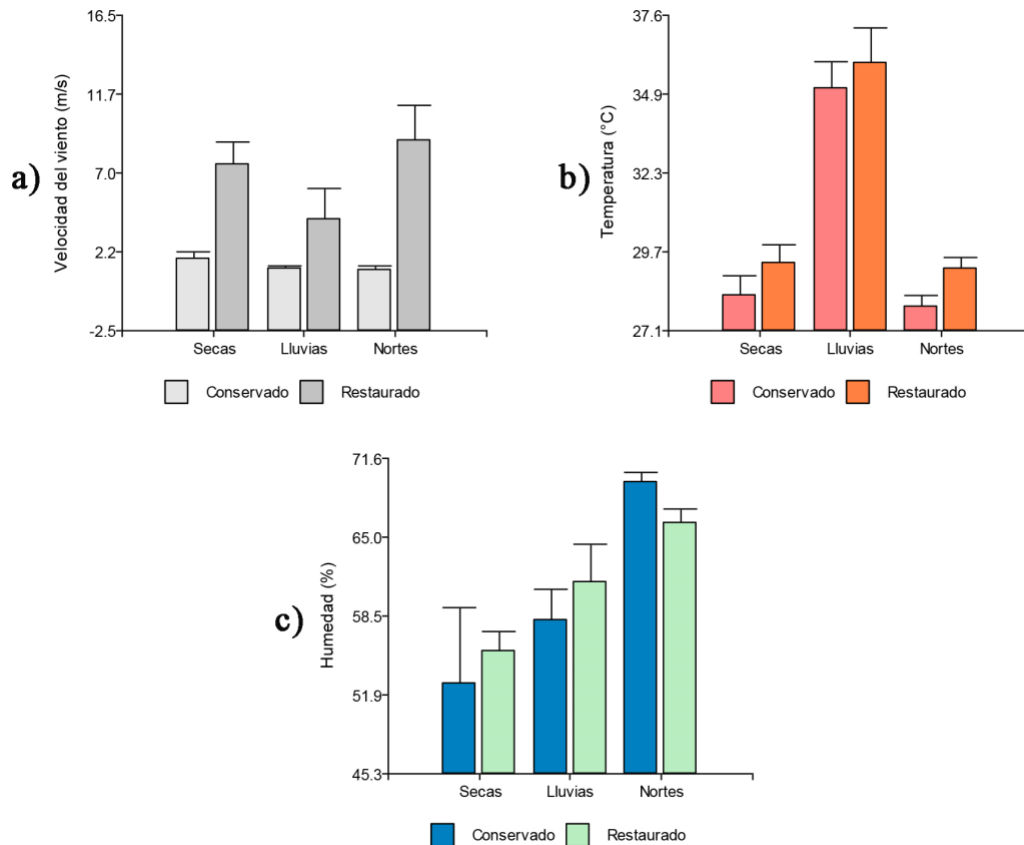
Se reportaron vientos provenientes del noreste. La mayor velocidad de viento se obtuvo en la ZR (6.87m/s), en comparación a la ZC, en donde los vientos se reportaron inferiores (1.37m/s). La humedad relativa y la temperatura ambiental fue ligeramente mayor en la ZR (61.02%; 31.4 °C) que en ZC (61.2%; 30.4 °C) (Figura 10).



**Figura 10.** Variables ambientales en las zonas de manglar restaurado y conservado, se muestran la media y el error estándar ( $\pm$ EE) para a) velocidad de viento, b) humedad y c) temperatura.

Dentro de la ZC, la velocidad del viento fue similar en las tres temporadas climáticas. La temperatura se registra mayor en temporada de lluvias (35.14 °C), decrece en secas (28.26 °C) y es menor en nortes (27.88 °C). Finalmente, la humedad relativa fue menor en secas (58.1 H%), aumentó en lluvias y alcanzó su punto máximo en nortes (69.7 H%) (Figura 11).

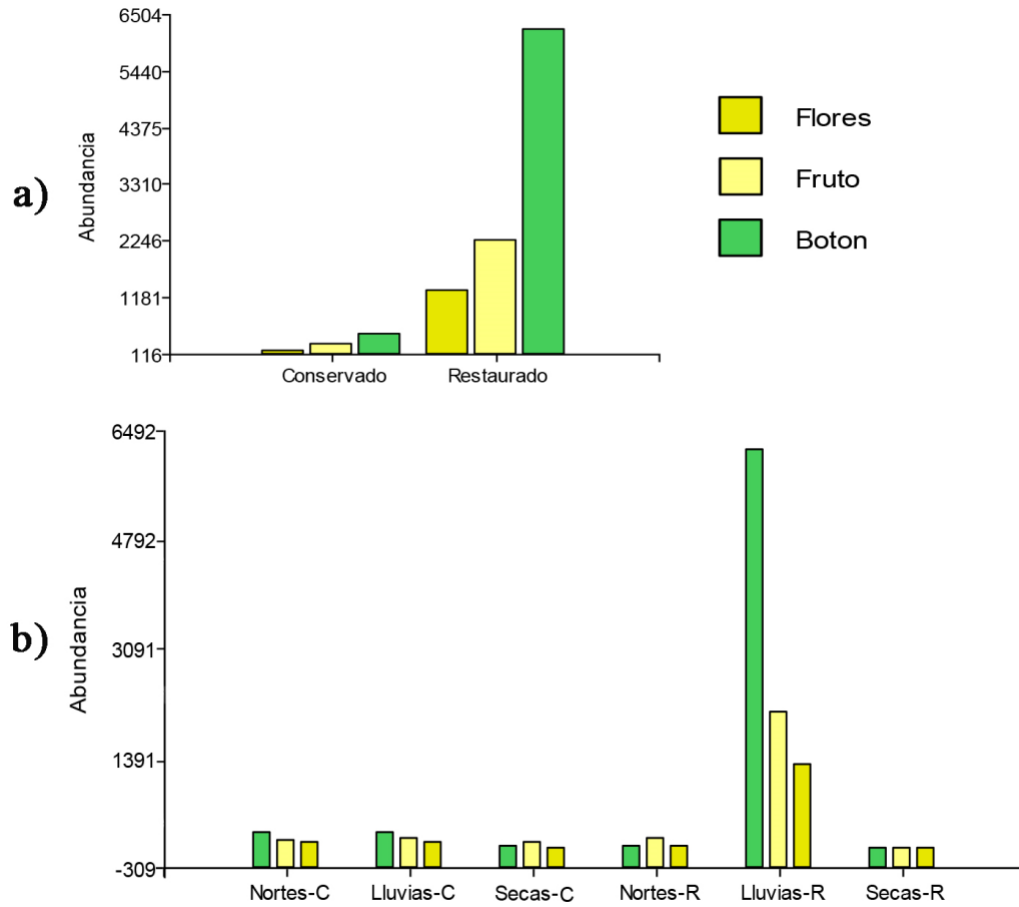
En la ZR se registraron mayores vientos en época de nortes (8.94 m/s), decrecieron en temporada de secas (7.5 m/s) y fueron mas débiles en lluvias (4.17 m/s). La temperatura más alta se reporto en época de lluvias (35.97 °C), disminuyó en secas (29.33 °C) y fue ligeramente menor en temporada de nortes (29.13 °C). La humedad relativa, se registro muy similar a la ZC, puesto que fue mas baja en secas temporada de secas (55.5 H%), aumentó en lluvias (61.34 H%) y fue más alta en época de nortes (66.23 H%) Figura 11.



**Figura 11.** Variables ambientales en las zonas de manglar restaurado y conservado por épocas climáticas, se muestran la media y el error estándar ( $\pm$ EE) para a) velocidad de viento, b) humedad y c) temperatura.

### *Fases reproductivas del manglar*

Dentro de la ZR se registraron un total de 1306 flores, 2250 frutos y 6218 botones, mientras que en la ZC se obtuvieron 173 flores, 308 frutos y 491 botones (Figura 12a). En cuanto a las temporadas climáticas, se observó que en la época de lluvias aumentó la producción de flores, frutos y botones dentro de la ZR, en cambio, se observa que en la ZC todas las fases reproductivas se mantuvieron constantes, con excepción de la época de secas, donde se registró un menor número de las tres fases (Figura 12b).



**Figura 12.** Abundancia de flores, frutos y botones por a) zona y por b) temporada

## Estructura y composición de la comunidad de artrópodos terrestres

### Composición general

El número total de individuos para ambas zonas (zona conservada y zona en proceso de restauración), fue de 1346 organismos (ninfas, juveniles y adultos), pertenecientes a 13 Ordenes y representadas por 76 especies, de las cuales: 18 fueron identificadas a nivel específico, 21 a nivel género y 38 morfoespecies (Tabla 1). No fue posible conocer el género de los restantes 37 dado a la complejidad taxonómica y carencia de claves puesto que muchos de estos organismos fueron recolectados en fase de ninfa o larva.

Dentro de los artrópodos terrestres, el orden Hymenoptera (Clase Insecta) presentó la mayor abundancia con 705 individuos (52%), seguido del orden Mesostigmata y Araneae (Clase Arachnida) con 324 y 197 individuos respectivamente (24% y 15%) Figura 13.

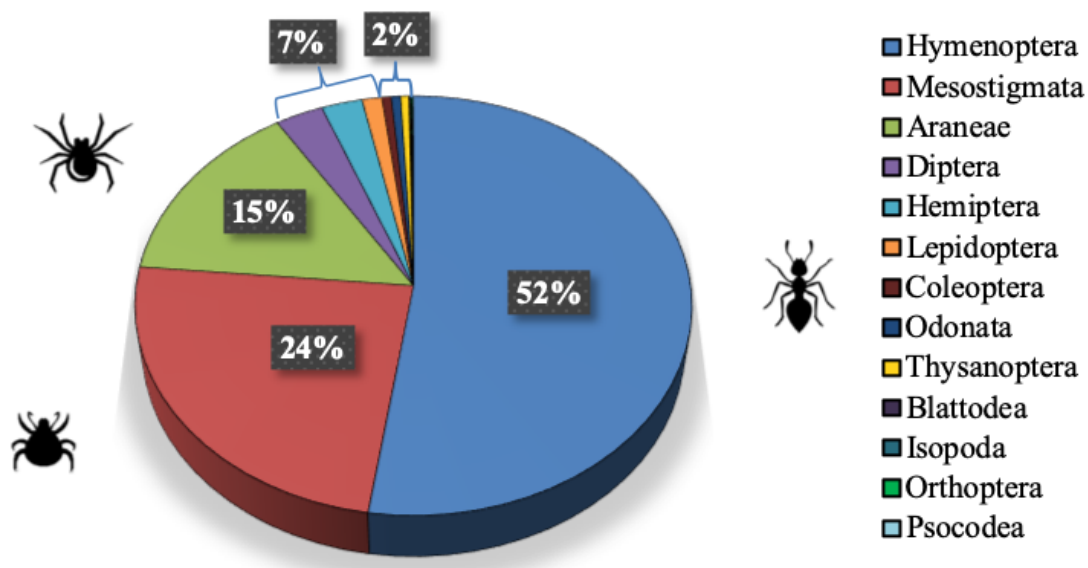


Figura 13. Abundancia relativa de los artrópodos terrestres (ZC + ZR).



**Tabla 1.** Composición taxonómica de los artrópodos terrestres asociados al ecosistema de manglar en una zona conservada y en una zona en proceso de restauración.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	MORFOESPECIE	ZC	ZR	A	
<b>Malacostraca</b> <b>Insecta</b>	Isopoda	Rhyscotidae	<i>Rhyscotus</i>			1		1	
	Odonata				Odonata sp.1		1	1	
		Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>				1	1	
			<i>Erythrodiplax</i>	<i>vesiculosa</i>			1	1	
			<i>Erythrodiplax</i>	<i>basilis</i>			2	2	
			<i>Erythrodiplax</i>	<i>berenice</i>			1	1	2
			<i>Miathyria</i>					1	1
	Orthoptera	Mogoplistidae	<i>Onerbius</i>					1	1
	Blattodea					Blattodea sp.1	1		1
	Thysanoptera	Thripidae				Thripidae sp.1	7		7
	Hemiptera					Hemiptera sp.1	17		17
						Hemiptera sp.2	1		1
						Hemiptera sp.3	1		1
						Hemiptera sp.4	3		3
						Hemiptera sp.5		1	1
						Hemiptera sp.6	1		1
		Alydidae				Alydidae sp.1		2	2
						Alydidae sp.2	1		1
		Cicadellidae	<i>Dalbulus</i>				1	1	2
		Coccidae			<i>Coccus viridis</i>		1		1
		Margarodidae			<i>Icerya purchasi</i>			1	1
		Psyllidae	<i>Heteropsylla</i>					4	4
	Psocodea	Liposcelididae				Liposcelididae sp.1	1		1
	Hymenoptera					Hymenoptera sp.1	1		1
		Apidae			<i>Apis mellifera</i>		1	23	24
		Chalcididae	<i>Conura</i>					1	1
		Formicidae				Formicidae sp.1		2	2
						Formicidae sp.2	1		1
			<i>Acanthomyops</i>					2	2
					<i>Camponotus atriceps</i>		1		1
					<i>Camponotus planatus</i>		13		13
					<i>Cephalotes multispinosus</i>		3		3
			<i>Crematogaster</i>				23	63	86
					<i>Crematogaster ashmeadi</i>		182	62	244
					<i>Crematogaster rifula</i>		250	66	316
			<i>Pseudomyrmex</i>				1	2	3
						Pseudomyrmex sp.1	1		1
					<i>Pseudomyrmex pallidus</i>		4		4
		Halictidae	<i>Lasioglossum</i>				1		1
		Tenthredinidae				Tenthredinidae sp.1		2	2
	Coleoptera					Coleoptera sp.1	1		1
		Buprestidae	<i>Chrysobothris</i>				1		1
		Carabidae	<i>Cicindela</i>					1	1
		Elatoridae			<i>Melanotus rugulipennis</i>		2		2
		Latridiidae				Latridiidae sp.1	1		1
		Leiodidae				Leiodidae sp.1		2	2
	Diptera	Bombyllidae				Bombyllidae sp.1	1		1
		Ceratopogonidae				Ceratopogonidae sp.1		28	28
		Culicidae	<i>Culex</i>					8	8
		Phoridae				Phoridae sp. 1		2	2
	Syrphidae				Syrphidae sp.1	1		1	
		<i>Palpada</i>					1	1	
Lepidoptera					Lepidoptera sp.1	6	1	7	
	Lycaenidae			<i>Brephidium exilis</i>		2	3	5	
	Nymphalidae	<i>Agraulis</i>					1	1	
				<i>Junonia coenia</i>		2	2	4	
<b>Arachnida</b>	Araneae	Araneidae			Araneidae sp.1	1		1	
					Araneae sp. 2	1		1	
					Araneae sp.3	48		48	
					Araneae sp.4		1	1	
					<i>Gasteracantha cancriformis</i>		1	1	
					<i>Micrathena funebris</i>	8	108	116	
					<i>Neoscona</i>	2	6	8	
		<i>Verrucosa</i>	1		1				

ZC = Zona conservada, ZR= Zona en proceso de restauración, A= Abundancia

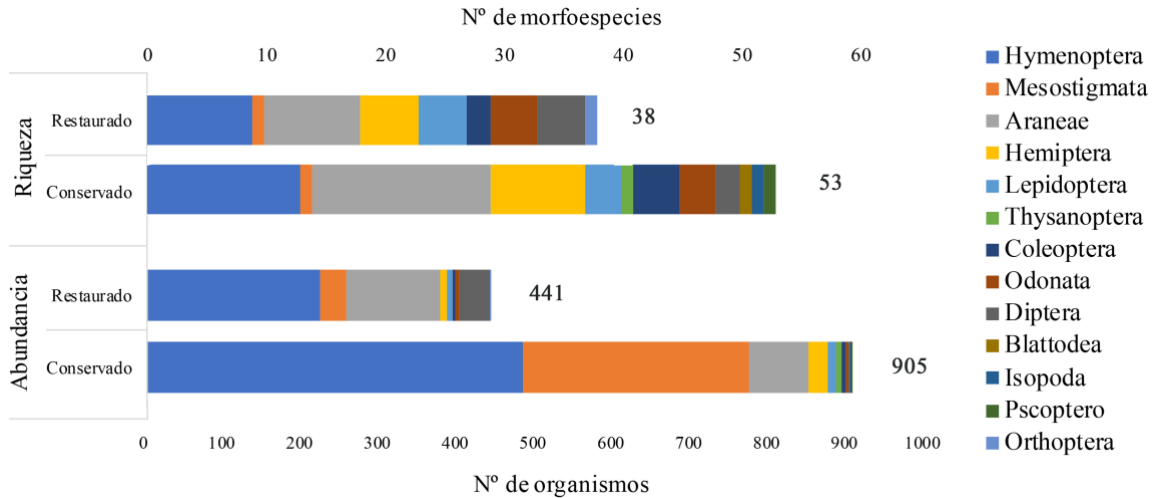
**Tabla 1.** Continuación. Composición taxonómica de los artrópodos terrestres asociados al ecosistema de manglar en una zona conservada (ZC) y en una zona en proceso de restauración (ZR).

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	MORFOESPECIE	ZC	ZR	A
		Dictynidae			Dictynidae sp.1	1		1
			<i>Dictyna</i>			1		1
					Dictyna sp.1	4		4
		Mysmenidae			Mysmenidae sp.1		1	1
					Mysmenidae sp.2	1		1
		Salticidae			Salticidae sp.1	1		1
					Salticidae sp.2	3	3	6
			<i>Hentzia</i>			1	1	2
		Tetragnathidae			Tetragnathidae sp.1	1		1
		Thomisidae			Thomisidae sp.1	1		1
			<i>Mecaphesa</i>				1	1
	Mesostigmata	Phytoseiidae			Phytoseiidae sp.1	292	32	324
<b>TOTAL</b>						<b>905</b>	<b>441</b>	<b>1,346</b>

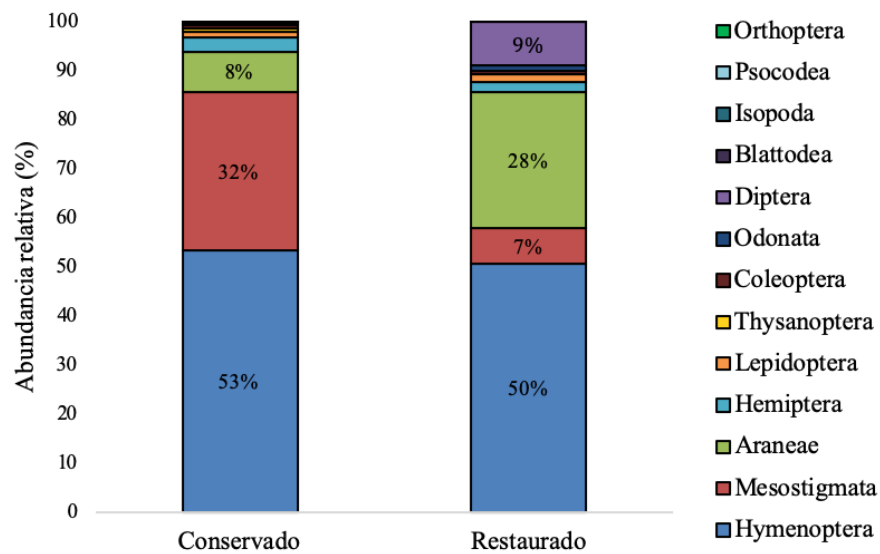
ZC = Zona conservada, ZR= Zona en proceso de restauración, A= Abundancia

### *Diversidad de los artrópodos terrestres por zonas*

La zona conservada (ZC) presentó un mayor número de especies y de organismos, respecto a la zona en proceso de restauración (ZR), en donde la riqueza y abundancia fue menor (Figura 14). Dentro del grupo de los insectos, el orden Hymenoptera aportó una riqueza de 13 morfoespecies para la ZC y 9 para ZR, seguido del orden Hemiptera con 8 morfoespecies para la ZC y 5 para la ZR. En cuanto al grupo de los arácnidos, Araneae fue el orden que aportó una riqueza de 15 morfoespecies en la ZC y 8 morfoespecies en la ZR. Por otro lado, se registró un total de 12 ordenes para la ZC y 9 ordenes en la ZR. Hymenoptera fue el orden con mayor abundancia (482 organismos en ZC y 223 organismos en ZR), aportando una abundancia relativa de 51.5% para ambas zonas (Figura 14 y 15). Para la ZR, Diptera fue un orden que aportó un 9% de abundancia. Finalmente, respecto a los arácnidos: el orden Mesostigmata presentó una abundancia relativa de 32% en la ZC, mientras que Araneae registró mayor abundancia relativa en ambas zonas (Figura 15).

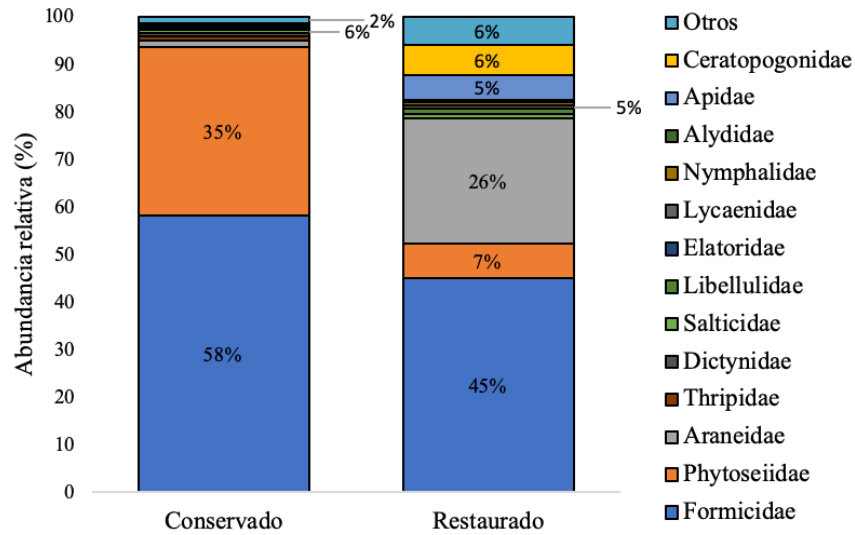


**Figura 14.** Riqueza y abundancia de los artrópodos terrestres en la ZC y en la ZR.



**Figura 15.** Abundancia relativa de los órdenes de artrópodos terrestres asociados a la ZC y ZR.

A nivel familia la ZC presentó un total de 24 grupos, muy similar a la ZR en donde se obtuvieron 23 grupos. Para ambas zonas los organismos pertenecientes a la familia Formicidae (Insecta: Hymenoptera) y Phytoseiidae (Arachnida: Meostigmata) fueron los más representativos, sin embargo, para la ZR se observó una mayor abundancia relativa de la familia Ceratopogonidae, Apidae y Araneidae, este último perteneciente al orden Araneae (Figura 16).



**Figura 16.** Abundancia relativa de las Familias de los artrópodos terrestres asociados a la ZC y ZR.

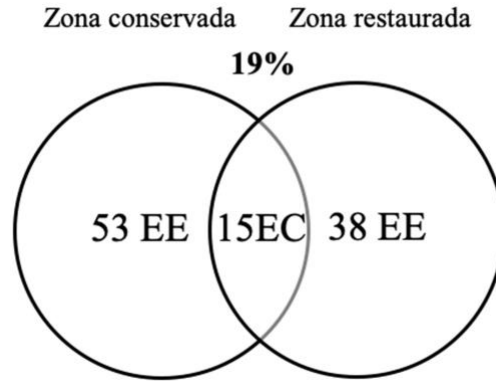
*Diversidad alfa  $\alpha$  y beta  $\beta$  entre zonas*

Los valores de diversidad  $\alpha$  para la ZC y ZR fueron analizados a nivel morfoespecie. La diversidad obtenida con base al índice de Shannon ( $H'$ ) y la equidad resultó ser mayor en la zona restaurada (Tabla 2).

**Tabla 2.** Índice de diversidad y equidad por zonas

Zona	$H'$	$J'$
ZC	1.955	0.4924
ZR	2.399	0.6594

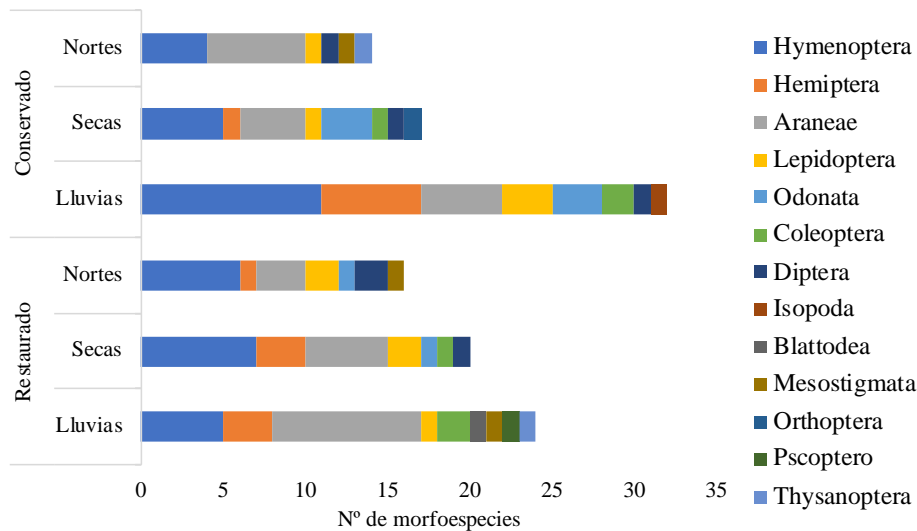
Por otro lado, los valores de diversidad  $\beta$  entre zonas fueron de 0.19 (19% de similitud), esto indica que, para la ZC y la ZR, la artropofauna terrestre encontrada fue diferente (figura 17).



**Figura 17.** Porcentaje de similitud de acuerdo al índice de Jaccard y representación grafica mediante el diagrama de Venn del número de especies compartidas (EC) y exclusivas (EE) con relación a las zonas de muestreo.

*Diversidad de los artrópodos terrestres por temporadas climáticas entre zonas*

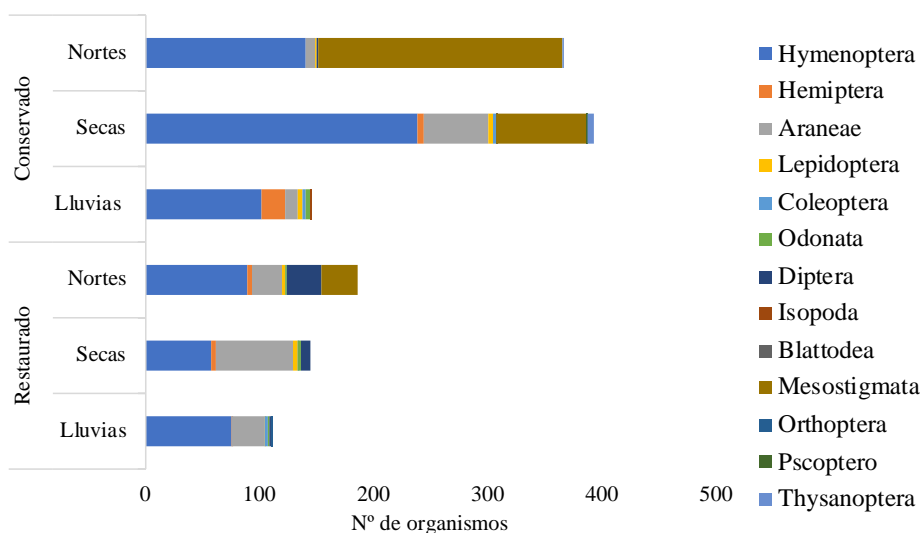
La riqueza en ambas zonas (ZC y ZR), fue mayor en temporada de lluvias. Para la ZC esta riqueza fue dominada por el orden Araneae con un total de 9 morfoespecies. Respecto a la ZR, el orden Hymenoptera aportó un total de 11 morfoespecies (Figura 18).



**Figura 18.** Riqueza de la comunidad de artrópodos terrestres por temporada climática entre zonas

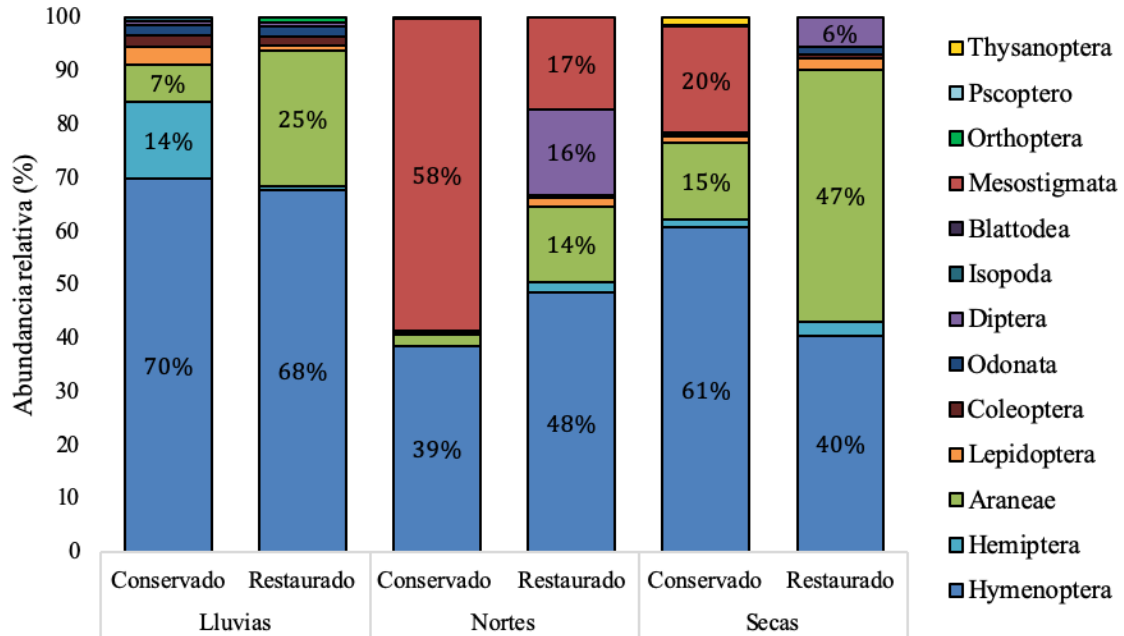
Respecto a la abundancia, dentro de la ZC se registró un mayor numero de organismos en la temporada de secas, sin embargo, esta abundancia disminuyó en temporada de lluvias y nuevamente aumentó en nortes. Este aumento de organismos durante la época de nortes, también se registró en la ZR (Figura 19). El orden Hymenoptera, tuvo gran influencia en las

tres temporadas climáticas, a pesar de ello, se observó una mayor dominancia en época de lluvias dentro de la ZC, así mismo, fue en esta época y zona donde se recolectaron más organismos del orden Hemiptera, Lepidoptera, Odonata y Coleoptera. Por otro lado, la ZR registró una mayor abundancia de dípteros en temporada de nortes y secas. Para el grupo de los arácnidos, se observó un mayor porcentaje del orden Araneae durante la temporada de lluvias y secas, sin embargo, fue dentro de la ZR y en temporada de secas donde se registró el mayor porcentaje de este orden, mientras que en la temporada de nortes predominaron los ácaros (orden Mesostigmata), no obstante, tuvieron un mayor dominio en la ZC (Figura 20).

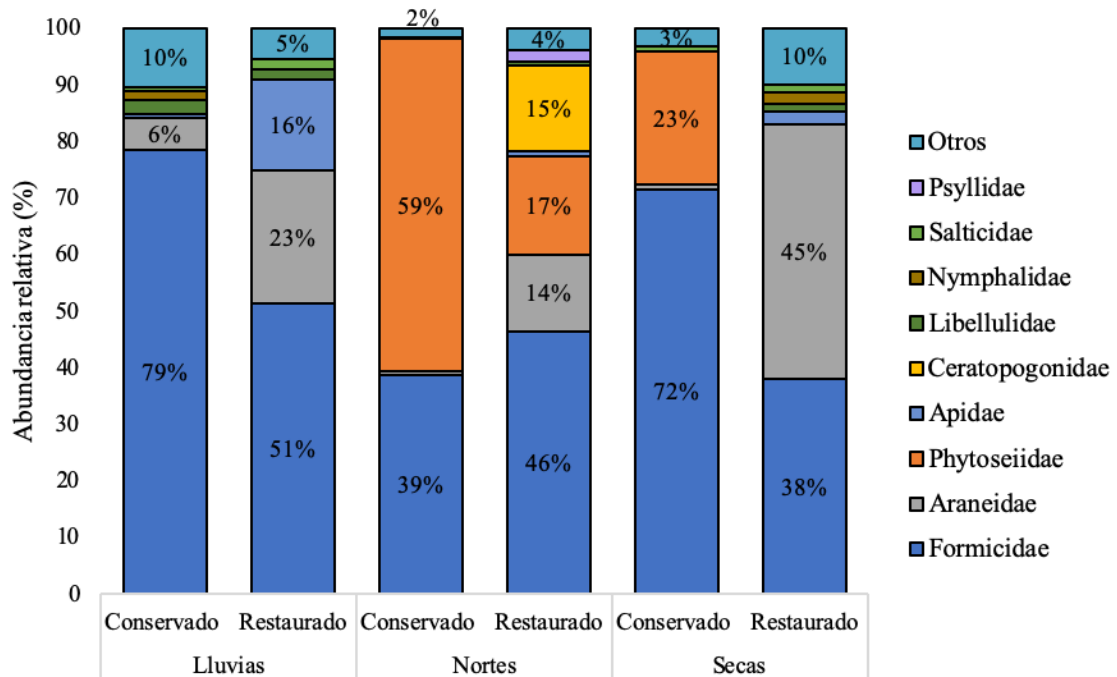


**Figura 19.** Abundancia de la comunidad de artrópodos terrestres por temporada climática entre zonas

A nivel familia, Formicidae fue la más abundante en ambas zonas, pero tuvo mayor dominancia en época de lluvias dentro de la ZC. En la misma época, pero en la ZR, se registró un mayor porcentaje de organismos de la familia Apidae. Para la época de nortes se registró una disminución en la familia Formicidae dentro de la ZC y un aumento de la familia Ceratopogonidae en la ZR. En cuanto a la clase Arachnida, se observó un incremento de la familia Phytoseiidae en ambas zonas, también durante la temporada de nortes. Finalmente, en la misma zona, pero época de secas hubo un incremento de la familia Araneidae, por el contrario, dentro de la ZC en temporada de secas, la abundancia de esta última familia descendió al igual que la familia Phytoseiidae (Figura 21).



**Figura 20.** Representación de la abundancia relativa por Orden para temporadas climáticas entre zonas (ZC y ZR).



**Figura 21.** Representación de la abundancia relativa por Familia para temporadas climáticas entre zonas (ZC y ZR).

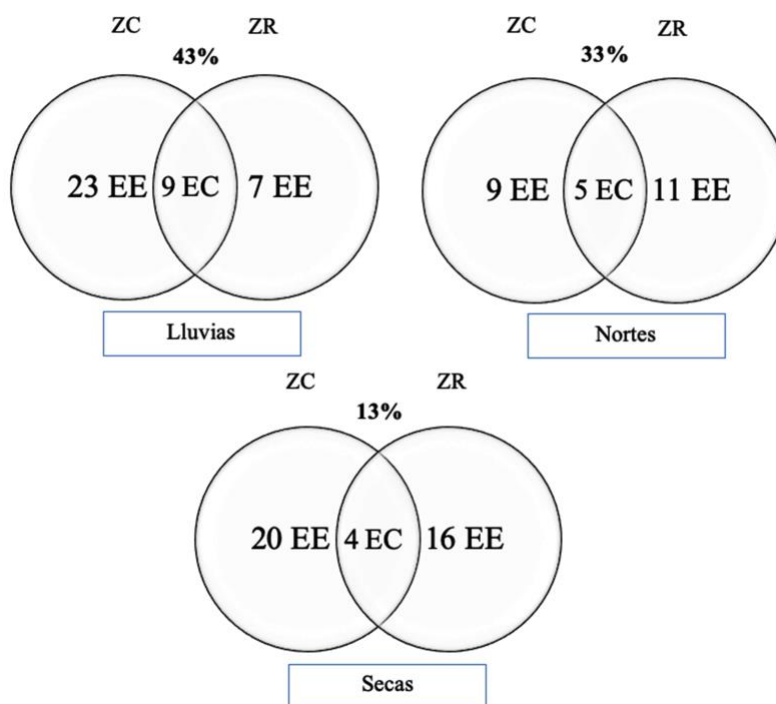
### Diversidad alfa $\alpha$ y beta $\beta$

Los valores de diversidad  $\alpha$  para las temporadas climáticas entre zonas fueron analizados a nivel morfoespecie. La diversidad obtenida con base al índice de Shannon ( $H'$ ) resultó ser mayor en la zona conservada durante la época de lluvias, sin embargo, la ZR fue más equitativa (Tabla 3).

**Tabla 3.** Índice de diversidad y equidad por temporadas climáticas entre zonas.

Temporada	Zona	$H'$	$J'$
Lluvias	ZC	2.423	0.6993
	ZR	2.085	0.7522
Nortes	ZC	1.183	0.4483
	ZR	2.08	0.75
Secas	ZC	1.735	0.546
	ZR	1.849	0.617

Los valores para diversidad  $\beta$  por temporada entre ambas zonas, fueron de 0.428 (42%) para temporada de lluvias, 0.33 (33%) en nortes y 0.12 (12%) en época de secas (Figura 22).

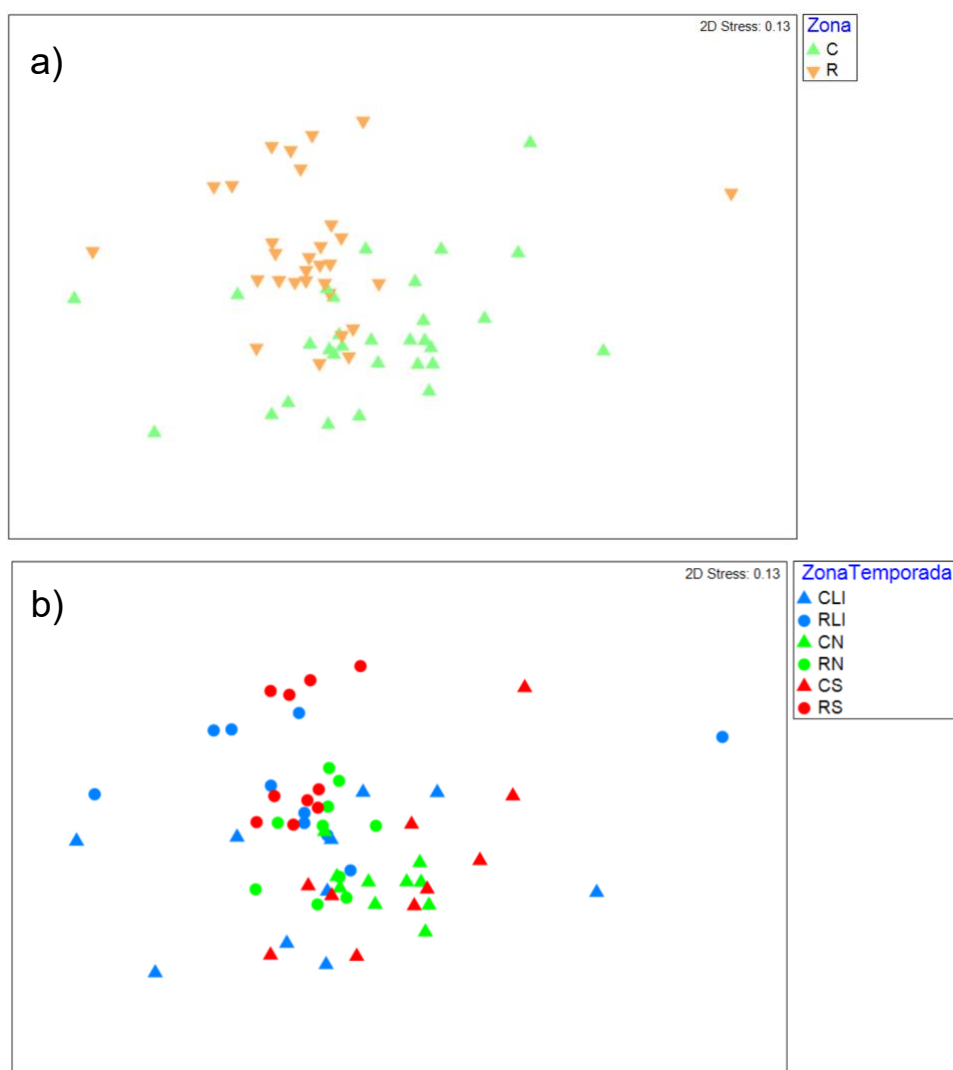


**Figura 22.** Porcentaje de similitud de acuerdo al índice de Jaccard y representación grafica mediante el diagrama de Venn del número de especies compartidas (EC) y exclusivas (EE) con relación las temporadas climáticas entre zonas.



### Análisis estadísticos

Al analizar el método de nMDS empleando el índice de similitud de Bray-Curtis se observó una separación de grupos entre las dos zonas (ZC y ZR) (Figura 23a), por el contrario, los resultados obtenidos en temporada climática no mostraron agrupaciones separadas (Figura 23b). El análisis de similitud (ANOSIM) indicó que existen diferencias en la composición entre zonas ( $R=0.333$ ,  $p=0.001$ , con 999 permutaciones) y entre temporadas ( $R=0.125$ ,  $p=0.001$ , con 999 permutaciones).



**Figura 23.** Analisis nMDS a partir de la matriz Bray-Curtis, con base a la comunidad de artrópodos terrestres entre a) zonas y b) temporadas.

Con el fin de determinar que especies influyen en las diferencias encontradas, se utilizó el análisis SIMPER el cual determinó un 80.49% de disimilitud entre la ZC y ZR. La mayor contribución se debe al género *Crematogaster* (Hymenoptera:Formicidae), *Micrathena* (Araneae:Araneidae) y a la familia Phytoseiidae (Mesostigmata).

Para las temporadas climáticas la disimilitud fue de un 83.97% entre lluvias, 65.75% en nortes y 88.51% entre secas. En la época de lluvias y secas, *Crematogaster* fue el organismo que más contribuyó con un 39.22% para lluvias y 38.44% para secas, en nortes Phytoseiidae sp.1 contribuyó con un total de 44.53% (Tabla 4, fotos de los organismos mencionados en Anexo I).

**Tabla 4.** Resultado del análisis SIMPER para las zonas y temporadas. Se muestran los valores de la disimilitud media entre los grupos y la contribución hasta el 70% de cada especie a dicha disimilitud.

Grupos ZC y ZR	Conservado	Restaurado				
Especies	Abund. Med.	Abund. Med.	Dis. Med	Dis/DS	Contrib %	Cum %
<i>Crematogaster</i>	14.77	6.37	30.04	1.28	37.32	37.32
Phytoseiidae sp.1	9.73	1.07	15.11	0.60	18.77	56.09
<i>Micrathena</i>	0.27	3.60	11.69	0.82	14.52	70.61
Grupos ZCLl y ZRLl	Lluvias ZC	Lluvias ZR				
Especies	Abund. Med.	Abund. Med.	Dis. Med	Dis/DS	Contrib %	Cum %
<i>Crematogaster</i>	7.80	5.50	32.93	1.24	39.22	39.22
<i>Micrathena</i>	0.60	2.10	11.69	0.81	13.93	53.14
<i>Apis</i>	0.10	1.80	8.64	0.72	10.29	63.43
Ninfa sp.71	1.60	0.00	4.85	0.38	5.78	69.21
<i>Pseudomyrmex</i>	0.50	0.00	2.98	0.43	3.54	72.75
Grupos ZCN y ZRN	Nortes ZC	Nortes ZR				
Especies	Abund. Med.	Abund. Med.	Dis. Med	Dis/DS	Contrib %	Cum %
Phytoseiidae sp.1	21.40	3.20	29.28	0.96	44.53	44.53
<i>Crematogaster</i>	13.10	8.50	18.65	1.13	28.37	72.90
Grupos ZCS y ZRS	Secas ZC	Secas ZR				
Especies	Abund. Med.	Abund. Med.	Dis. Med	Dis/DS	Contrib %	Cum %
<i>Crematogaster</i>	23.40	5.10	34.02	1.42	38.44	38.44
<i>Micrathena</i>	0.00	6.30	18.27	1.19	20.64	59.07
Phytoseiidae sp.1	7.80	0.00	12.85	0.68	14.52	73.59

ZC= Zona conservada, ZR= zona en proceso de restauración, Ll= lluvias, N= Nortes, S= Secas.  
 Abund. Med.= media de abundancia, Dis. Med.= disimilitud media, Dis/DS= desviación estándar de disimilitud, Contrib %= contribución, Cum%= porcentaje acumulativo.

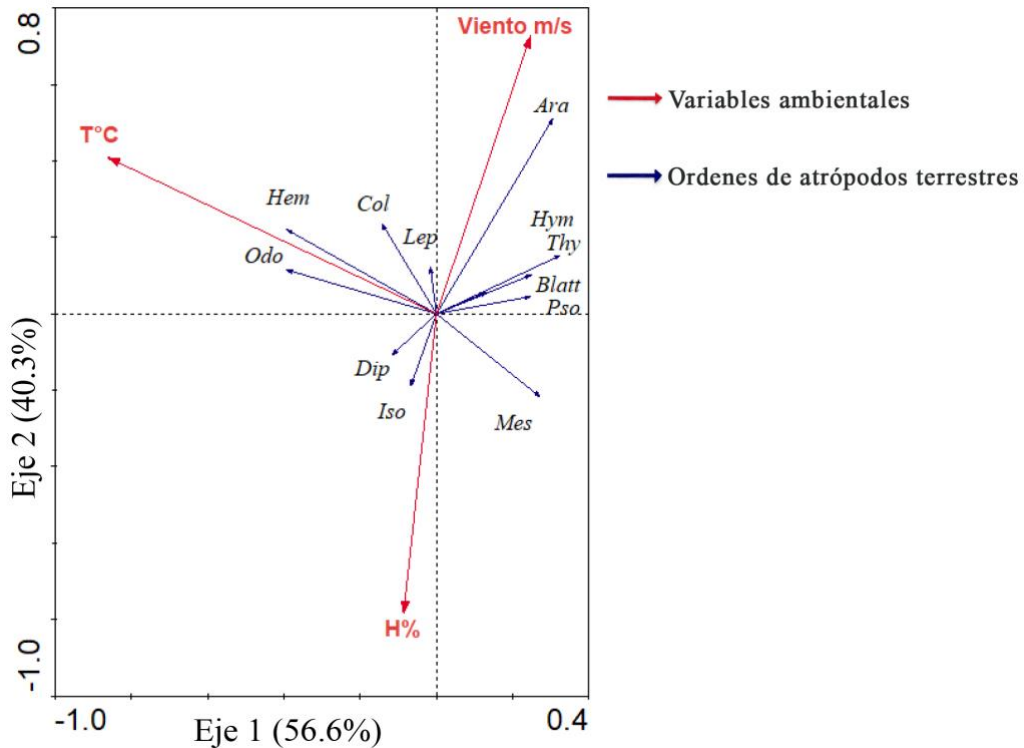
### *Relación de los artrópodos terrestres con las variables ambientales*

Por medio del análisis de redundancia (RDA) se relacionó la distribución de los artrópodos terrestres por zonas (ZC y ZR), con los factores ambientales. En la ZC se observa que los dos primeros ejes de ordenación representan el 97.3% de la varianza, mientras que en la ZR se presenta el 89.5% (Figura 24 y 25). La tabla 5 presenta los valores del RDA realizado.

**Tabla 5.** Análisis de redundancia (RDA) de los ordenes de artrópodos terrestres y variables ambientales del manglar.

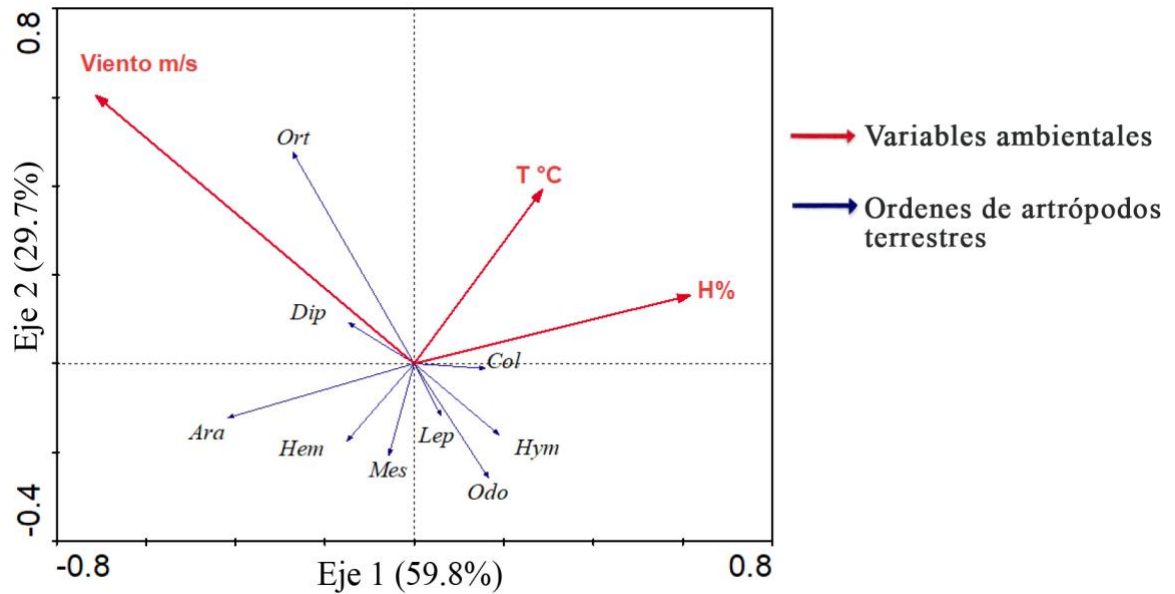
<b>Zona Conservada (ZC)</b>	<b>Eje 1</b>	<b>Eje 2</b>	<b>Eje 3</b>	<b>Eje 4</b>	<b>Varianza total</b>
Eigenvalor	0.088	0.063	0.004	0.434	1.000
Correlación Orden-Ambiente	0.470	0.454	0.286	0.000	
% Varianza acumulada					
Datos de Orden	8.8	15.1	15.5	58.9	
Relación Orden-Ambiente	56.6	97.3	100.0	0.0	
<b>Zona en proceso de restauración (ZR)</b>	<b>Eje 1</b>	<b>Eje 2</b>	<b>Eje 3</b>	<b>Eje 4</b>	<b>Varianza total</b>
Eigenvalor	0.052	0.026	0.009	0.325	1.000
Correlación Orden-Ambiente	0.443	0.368	0.338	0.000	
% Varianza acumulada					
Datos de Orden	5.2	7.8	8.7	41.1	
Relación Orden-Ambiente	59.8	89.5	100.0	0.0	

De acuerdo a la representación gráfica del RDA de la ZC la temperatura explica la variación en el eje 1 con 56.6% de la varianza, mientras que, el eje 2 esta representado por la humedad y la velocidad del viento con el 40.3% de la varianza. Las especies pertenecientes al orden Hemiptera, Odonata, Coleoptera y Lepidoptera están relacionados con temperaturas más altas y de manera inversa, los ácaros prefieren temperaturas más bajas. La baja humedad esta relacionando con los dípteros y los isópodos, mientras que las arañas, himenópteros, tisanópteros, blatodeos y los psocópteros están relacionados de manera positiva con los vientos (Figura 24).



**Figura 24.** Análisis de Redundancia (RDA) de la Zona conservada (ZC), basado en la abundancia de los artrópodos terrestres y su relación con variables ambientales.

El análisis RDA en la ZR mostro que la humedad y la velocidad del viento explican el 59.8% de la varianza del primer eje, mientras que la temperatura presenta una mayor relación con el eje 2 explicando el 29.7% de la variación de la distribución de las especies. Las especies pertenecientes al orden Orthoptera y Diptera están relacionados con corrientes de vientos más fuertes y de manera inversa los himenópteros, lepidópteros, coleópteros, y odonatos están influenciados por vientos débiles. Por otro lado, las arañas, los hemípteros y los ácaros presentan una correlación inversa con el aumento de la temperatura y la humedad (Figura 25).



**Figura 25.** Análisis de Redundancia (RDA) para la zona en proceso de restauración (ZR), basado en la abundancia de los artrópodos terrestres y su relación con variables ambientales.

#### *Composición de gremios y grupos funcionales*

La composición de gremios y grupos funcionales presentes en las dos zonas muestreadas se presenta en la Tabla 6. Dentro de la ZC se registraron 6 gremios y 4 grupos funcionales, mientras que en la ZR se obtuvieron 7 gremios y 6 grupos funcionales. Ambas zonas presentaron una mayor abundancia en especies omnívoras seguido por especies polinívoros para la ZC (Figura 26a) y entomófagos para la ZR (Figura 26b). En el caso de los grupos funcionales, los descomponedores predominaron en ambas zonas. Los depredadores y herbívoros se aprecian mayormente en la ZC (Figura 26c), a comparación de la zona ZR en donde se observa una mayor abundancia polinizadores y vector de enfermedades (Figura 26d).

**Tabla 6.** Gremios y grupos funcionales de la comunidad de artrópodos terrestres asociados al ecosistema de manglar conservado (ZC) y en proceso de restauración (ZR).

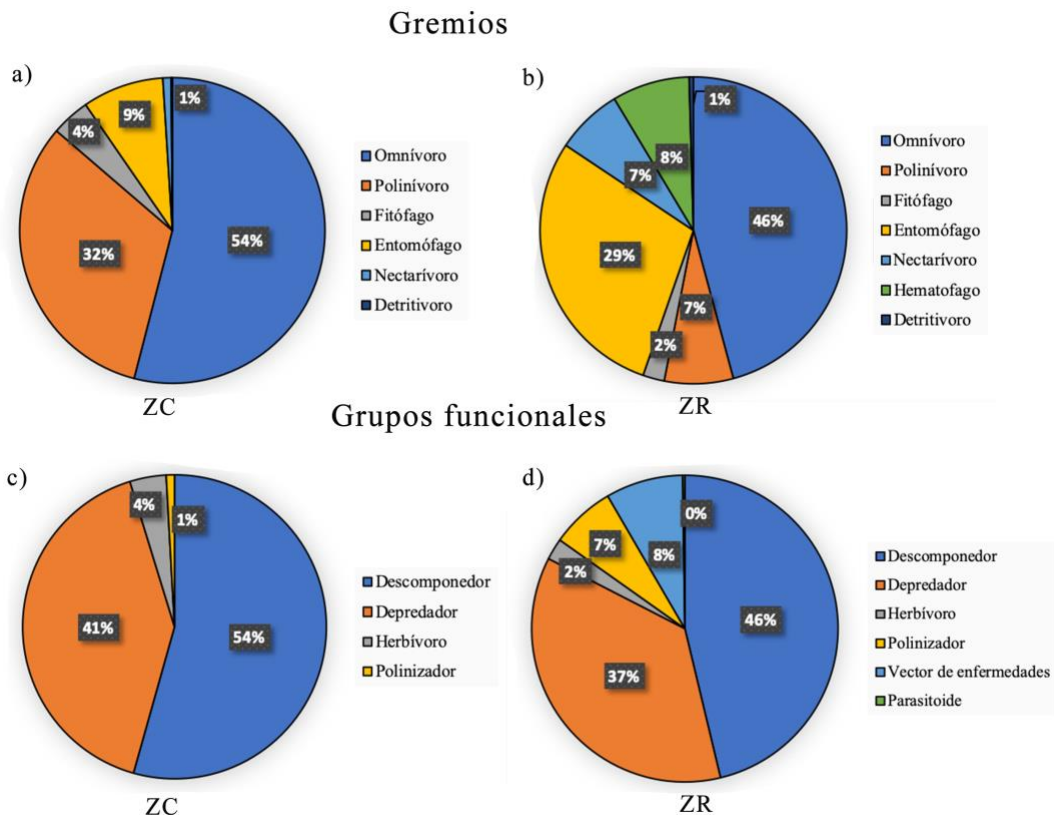
ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ZC	ZR	GREMIO	GRUPO FUNCIONAL
Isopoda	Rhyscotidae	<i>Rhyscotus</i> sp.	X		Omnívoro	Descomponedor
Odonata		Odonata sp.1		X	Entomófago	Depredador
	Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>	X		Entomófago	Depredador
		<i>Erythrodiplax vesiculosa</i>	X		Entomófago	Depredador
		<i>Erythrodiplax basilis</i>		X	Entomófago	Depredador
		<i>Erythrodiplax berenice</i>	X	X	Entomófago	Depredador
		<i>Miathyria</i> sp.		X	Entomófago	Depredador
Orthoptera	Mogoplistidae	<i>Onerbius</i> sp.		X	Fitófago	Herbívoro
Blattodea		Blattodea sp.1	X		Omnívoro	Descomponedor
Thysanoptera	Thripidae	Thripidae sp.1	X		Fitófago	Herbívoro
Hemiptera		Hemiptera sp.1	X		Fitófago	Herbívoro
		Hemiptera sp.2	X		Fitófago	Herbívoro
		Hemiptera sp.3	X		Fitófago	Herbívoro
		Hemiptera sp.4	X		Fitófago	Herbívoro
		Hemiptera sp.5		X	Fitófago	Herbívoro
		Hemiptera sp.6	X		Fitófago	Herbívoro
	Alydidae	Alydidae sp.1		X	Fitófago	Herbívoro
		Alydidae sp.2	X		Fitófago	Herbívoro
	Cicadellidae	<i>Dalbulus</i> sp.	X	X	Fitófago	Herbívoro
	Coccidae	<i>Coccus viridis</i>	X		Fitófago	Herbívoro
	Margarodidae	<i>Icerya purchasi</i>		X	Fitófago	Herbívoro
	Psyllidae	<i>Heteropsylla</i> sp.		X	Fitófago	Herbívoro
Psocodea	Liposcelididae	Liposcelididae sp.1	X		Omnívoro	Descomponedor
Hymenoptera		Hymenoptera sp.1	X		Omnívoro	Descomponedor
	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	X	X	Nectarívoro	Polinizador
	Chalcididae	<i>Conura</i> sp.		X	Nectarívoro	Parasitoide
	Formicidae	Formicidae sp.1		X	Omnívoro	Descomponedor
		Formicidae sp.2	X		Omnívoro	Descomponedor
		<i>Acanthomyops</i> sp.		X	Omnívoro	Descomponedor
		<i>Camponotus atriceps</i>	X		Omnívoro	Descomponedor/polinizador
		<i>Camponotus planatus</i>	X		Omnívoro	Descomponedor/polinizador
		<i>Cephalotes multispinosus</i>	X		Omnívoro	Descomponedor
		<i>Crematogaster</i> sp.	X	X	Omnívoro	Descomponedor
		<i>Crematogaster ashmeadi</i>	X	X	Omnívoro	Descomponedor
		<i>Crematogaster rifula</i>	X	X	Omnívoro	Descomponedor
		<i>Pseudomyrmex</i> sp.	X	X	Omnívoro	Descomponedor
		<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	X		Omnívoro	Descomponedor
		<i>Pseudomyrmex pallidus</i>	X		Omnívoro	Descomponedor
	Halictidae	<i>Lasioglossum</i>	X		Nectarívoro	Polinizador
	Tenthredinidae	Tenthredinidae sp.1		X	Omnívoro	Descomponedor
Coleoptera		Coleoptera sp.1	X		Fitófago	Descomponedor
	Buprestidae	<i>Chrysobothris</i> sp.	X		Fitófago	Descomponedor
	Carabidae	<i>Cicindela</i> sp.		X	Entomófago	Depredador
	Elatoridae	<i>Melanotus rugulipennis</i>	X		Fitófago	Herbívoro
	Latridiidae	Latridiidae sp.1	X		Detritívoro	Descomponedor
	Leiodidae	Leiodidae sp.1		X	Omnívoro	Descomponedor
Diptera	Bombyllidae	Bombyllidae sp.1	X		Nectarívoro	Polinizador
	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae sp.1		X	Hematofago	Vector de enfermedades
	Culicidae	<i>Culex</i> sp.		X	Hematofago	Vector de enfermedades
	Phoridae	Phoridae sp. 1		X	Detritívoro	Descomponedor
	Syrphidae	Syrphidae sp.1	X		Nectarívoro	Polinizador
		<i>Palpada</i> sp.		X	Nectarívoro	Polinizador
Lepidoptera		Lepidoptera sp.1	X	X	Fitófago	Herbívoro
	Lycaenidae	<i>Brephidium exilis</i>	X	X	Nectarívoro	Polinizador
	Nymphalidae	<i>Agraulis</i> sp.		X	Nectarívoro	Polinizador
		<i>Junonia coenia</i>	X	X	Nectarívoro	Polinizador

ZC = Zona conservada, ZR= Zona en proceso de restauración, X= presencia

**Tabla 6.** Continuación. Gremios y grupos funcionales de los artrópodos terrestres asociados al ecosistema de manglar conservado (ZC) y en proceso de restauración (ZR).

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	ZC	ZR	GREMIO	GRUPO FUNCIONAL
Araneae	Araneidae	Araneidae sp.1	X		Entomófago	Depredador
		Araneae sp. 2	X		Entomófago	Depredador
		Araneae sp.3	X		Entomófago	Depredador
		Araneae sp.4		X	Entomófago	Depredador
		<i>Gasteracantha cancriformis</i>		X	Entomófago	Depredador
		<i>Micrathena fumebris</i>	X	X	Entomófago	Depredador
		<i>Neoscona</i> sp.	X	X	Entomófago	Depredador
		<i>Verrucosa</i> sp.	X		Entomófago	Depredador
		Dictynidae	Dictynidae sp.1	X		Entomófago
	<i>Dictyna</i> sp.		X		Entomófago	Depredador
	<i>Dictyna</i> sp.1		X		Entomófago	Depredador
	Mysmenidae	Mysmenidae sp.1		X	Entomófago	Depredador
		Mysmenidae sp.2	X		Entomófago	Depredador
	Salticidae	Salticidae sp.1	X		Entomófago	Depredador
		Salticidae sp.2	X	X	Entomófago	Depredador
		<i>Hentzia</i> sp.	X	X	Entomófago	Depredador
		Tetragnathidae	Tetragnathidae sp.1	X		Entomófago
	Thomisidae	Thomisidae sp.1	X		Entomófago	Depredador
			<i>Mecaphesa</i> sp.		X	Entomófago
Mesostigmata	Phytoseiidae	Phytoseiidae sp.1	X	X	Polinivoro	Depredador

ZC = Zona conservada, ZR= Zona en proceso de restauración, X= presencia



**Figura 26.** Abundancia de artrópodos terrestres por gremio y grupo funcional en ZC y ZR.

### *Relación grupos funcionales y fases reproductivas del manglar*

A través de la correlación de Spearman (Tabla 7) se observó la fase reproductiva que más relación tiene con la comunidad de artrópodos asociados a los manglares. De acuerdo a los análisis, en la ZR el número de flores influyó más al grupo de los polinizadores. La asociación fue positiva e indica que a mayor número de flores se encontrará un mayor número de insectos polinizadores. Así mismo se observó un resultado similar en la fase de botones.

**Tabla 7.** Correlación de Spearman ( $p < 0.05$ ), entre la abundancia de los artrópodos terrestres por grupo funcional y las fases de reproductivas de los manglares por zona. Los resultados sombreados indican las relaciones con diferencias significativas.

Grupo funcional	Zona en proceso de restauración			Zona conservada		
	Frutos	Flores	Botones	Frutos	Flores	Botones
Depredador	0.16	0.24	0.31	0.58	0.70	0.27
Descomponedor	0.07	-0.02	-0.08	-0.11	-0.14	-0.30
Herbívoro	-0.13	-0.09	-0.19	-0.29	0.23	0.01
Parasitoide	-0.22	-0.17	-0.17	-----	-----	-----
Polinizador	0.26	0.39	0.37	0.12	0.30	0.30
Vector de enfermedades	-0.12	-0.11	-0.24	-----	-----	-----

### *Estimador de riqueza y comparación funcional entre zonas*

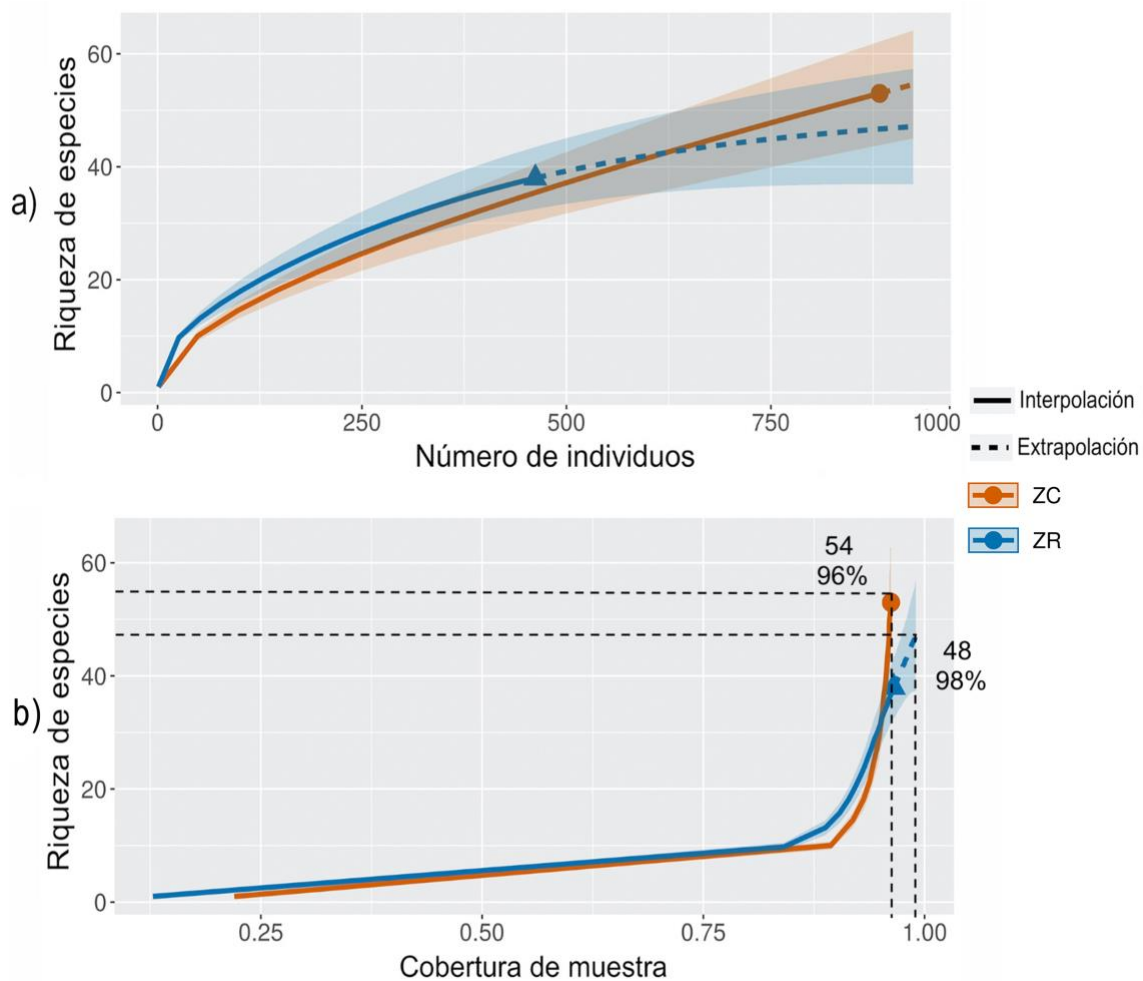
La curva de rarefacción-extrapolación para la riqueza general entre zonas indicó que la ZC y ZR no presentan diferencias significativas en cuanto a riqueza de especies, ya que sus intervalos de confianza de 95% se superponen. Así mismo, la grafica mostró una asíntota en la ZR a diferencia de la ZC, lo que nos indicó que la diversidad muestreada en la ZR fue prácticamente cubierta (Figura 27a).

En cuanto al esfuerzo de muestreo, se observó que aumentando dicho esfuerzo el número de especies esperada para la ZC aumentaría de 53 a 54, mientras que para la ZR aumentaría de 38 a 48 especies. Por otro lado, el nivel de completitud mostró que la ZC presenta un nivel de 96% con 54 especies observadas y 98% con 48 especies para la ZR (Figura 27b). Aunque el análisis no muestra diferencias significativas, los resultados de la



proporción de riqueza obtenida señalan que la ZC es 1.1 veces mayor que la ZR, lo que permite deducir que con el tiempo la zona en proceso de restauración puede presentar una riqueza similar a la zona conservada.

El grupo funcional de los polinizadores en la ZR fue el único grupo que mostró una relación significativa, por lo cual, se evaluó su diversidad funcional entre las dos zonas de manglar (Figura 27).

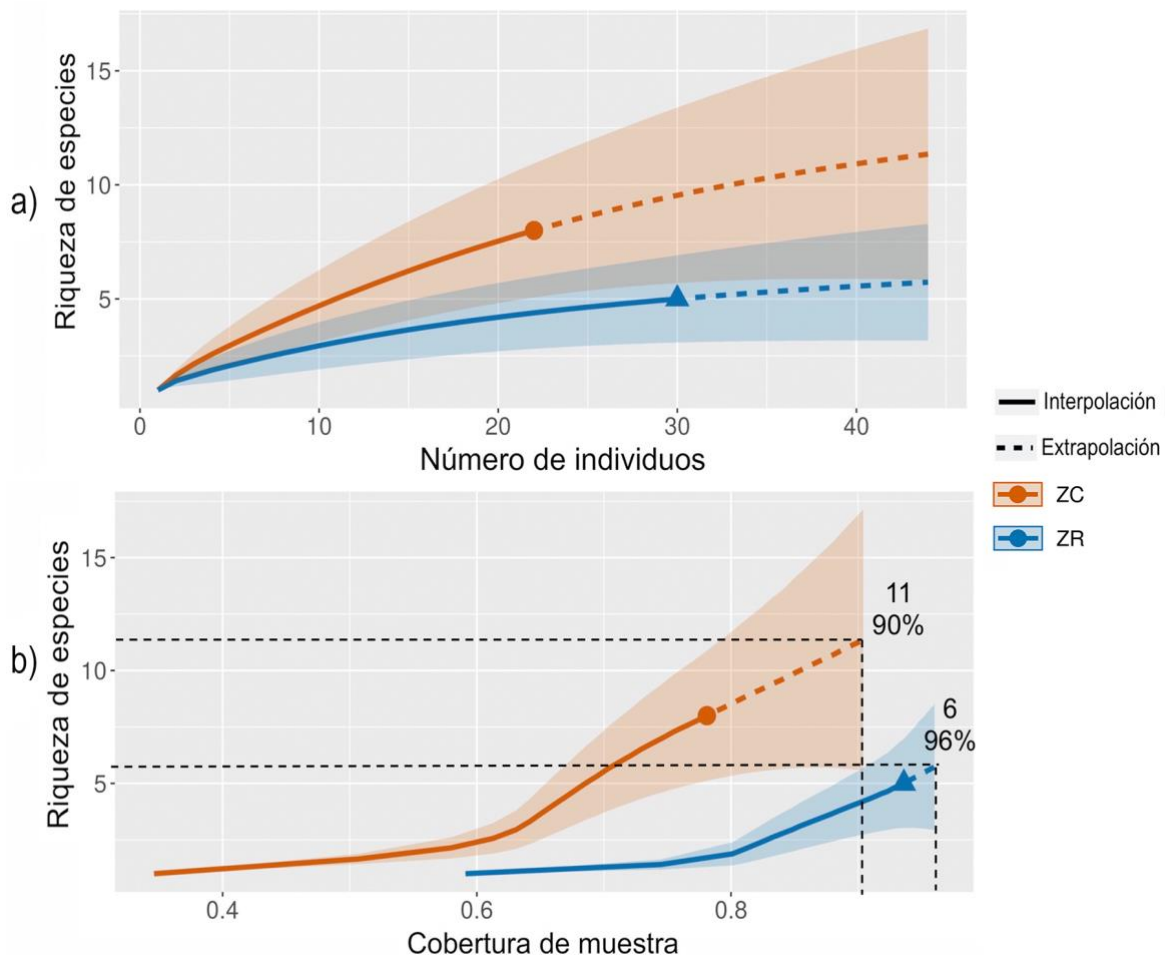


**Figura 27.** a) Curva de rarefacción-extrapolación basado en el número de individuos. La sombra muestra el intervalo de confianza al 95%. b) Curva de completitud basado en la cobertura de muestra. Las líneas punteadas muestran la intercepción del porcentaje de completitud y el valor esperado de la riqueza obtenida

## Comparación funcional

### Polinizadores

Para el grupo de los polinizadores, la curva de rarefacción-extrapolación no mostró diferencias significativas entre las zonas y el número de especies de organismos polinizadores, puesto que sus intervalos de confianza se superponen (Figura 28a). El valor esperado en la ZC será de 8 a 11 especies, mientras que en la ZR se mantendrá con 6 especies. Los intervalos de confianza para ambas zonas son altos, sin embargo, se muestra mayor en la ZC, esta incertidumbre disminuye en la ZR mientras se aumenta el esfuerzo de muestreo. El nivel de completitud para la ZC es de 90% con 11 especies y un 96% con 6 especies en la ZR, siendo la riqueza de la ZC 1.8 mayor que la ZR (Figura 28b).



**Figura 28. Grupo funcional: Polinizadores:** a) Curva de rarefacción-extrapolación basado en el número de individuos. La sombra muestra el intervalo de confianza al 95%, b) Curva de completitud basado en la cobertura de muestra. Las líneas punteadas muestran la intercepción del porcentaje de completitud y el valor esperado de la riqueza obtenida.

## 9. DISCUSIÓN

### Estructura y composición vegetal

La diferencia entre la zona de referencia (ZC) y la zona en proceso de restauración es muy notorio. La ZC aun conserva su estructura vegetal natural, por lo tanto, los árboles dentro de esta zona en su mayoría corresponden a *Rhizophora mangle*. En cuanto a las características estructurales (altura, DAP y cobertura de los manglares), la ZC presenta un mejor desarrollo estructural respecto a la ZR, debido al insumo de nutrientes provenientes del aporte de agua de manantiales y al flujo de agua marina influenciado por la dársena de Yucalpetén (Teutli-Hernández, 2004). Dadas las características anteriores podemos afirmar que esta zona se encuentra en optimo estado (Costa-Acosta *et al.* 2014 y Menéndez *et al.* 2006). Por otro lado, el aporte de agua de manantiales puede explicar la baja salinidad dentro de la ZC, sin embargo, Teutli-Hernández (2004) menciona una salinidad ligeramente más baja (40ppt) respecto a lo reportado en este estudio (45.5ppt). Lo anterior puede deberse al nivel topográfico al que se encuentra esta zona (Pinzón, 2017). A pesar de que este estudio no se enfoco en la identificación del nivel topográfico, se recomienda tomarlo en cuenta en próximas investigaciones. En cuanto a las variables ambientales podemos decir que la presencia de árboles de *R. mangle* contrarrestan la acción de vientos y temperaturas altas, debido a la forma y estrategias de crecimiento (raíces fuertes, tronco grueso, follaje abundante y poca altura) (Carrillo-Bastos *et al.* 2008), razón por la cual los vientos debieron de presentar menor impacto en esta zona.

En contraste, las características estructurales de la ZR presentan un pobre desarrollo, lo cual se refleja en la baja estatura de los árboles, el escaso diámetro de los troncos y la baja cobertura (Teutli-Hernández, 2004). Debido a estas características y al estado juvenil de los árboles, esta zona registró mayores vientos y mayor radiación solar respecto a la ZC. La salinidad en esta zona presenta un papel importante ya que influye en la zonación y el desarrollo de los manglares. De acuerdo a estudios anteriores la salinidad intersticial de esta zona disminuyó de 100ppt (Teutli-Hernández, 2004) a 60.96ppt, sin embargo, este ultimo valor aún describe al sitio como hipersalino (Mitsch y Gosselink, 2015). Esta alta concentración de sales favorece el establecimiento y crecimiento de esta especie *A. germinans* en la zona (Teutli-Hernández, 2004; Echeverría, 2014). Hay que recordar que *A.*

*germinans* es una especie de manglar con alto grado de tolerancia a las salinidades altas, razón por la cual se registro una mayor abundancia y un mayor porcentaje de esta especie en la ZR. Es importante mencionar que esta zona es afectada por factores como la escasez de flujos de agua, la rápida evaporación de agua dada por altas temperaturas que a su vez es propiciada por la baja cobertura vegetal y fácil entrada de los rayos solares (Teutli-Hernández, 2004), no obstante, la sobrevivencia y crecimiento de esta *A. germinans* ha sido favorecida por la presencia de especies facilitadoras como *Batis maritima* y *Salicornia virginica* (Teutli-Hernández, 2017). Cabe señalar que los pocos árboles de mangle rojo reportadas dentro de esta zona crecen a la orilla de los canales hidrológicos que se realizaron tras la restauración, donde la inundación es temporal y salinidad es menor.

#### *Fases reproductivas del manglar*

La época de lluvias contribuyo con la fase reproductiva de los manglares, influyendo sobre la floración, lo cual género más recursos alimenticios y potencialmente atrajo a insectos polinizadores como por ejemplo *Apis mellifera*, sin embargo, esta especie fue observada mayormente dentro de la ZR. Debido a que esta zona se encuentra en proceso de restauración, los árboles de mangle están desarrollando estrategias de reproducción, por lo cual, se producirán mayores botones y flores que atraerán mayores polinizadores y por consiguiente se obtendrán más frutos. (Duke *et al.* 1984; de Lima Nadia, *et al.* 2012; Asbridge *et al.* 2015; Rivas-Arancibia *et al.* 2015).

#### **Estructura y composición de la comunidad de artrópodos terrestres**

La composición de especies de este estudio difiere con lo registrado por Kulkarni y Mukadam en 2015, en donde registraron 6 ordenes: Odonata, Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera e Hymenoptera, mientras que en el presente trabajo se obtuvieron 13 ordenes. Otros autores como Grampurohit y Karkhnis (2013) reportan 113 especies de los cuales, el orden Coleoptera y Lepidoptera fueron los grupos más dominantes y más representativos asociados el ecosistema de manglar de Mumbai, mientras que nosotros obtuvimos 76 especies y una alta dominancia del orden Hymenoptera, Mesostigmata y Araneae. A pesar de ser el mismo ecosistema, los organismos difieren en número y en especies, esto puede deberse principalmente a la ubicación geográfica y a su vez, el clima y

especie de mangle. Estos factores pudieran afectar la variación de los artrópodos terrestres. Es importante mencionar que los estudios enfocados en la artrópofauna de manglares han sido más estudiados en otros países como Indonesia y la India, y se enfocan únicamente en listados faunísticos, dejando de lado la ecología de estos organismos, aunado a esto, el tipo de recolecta, la hora y el esfuerzo de muestreo pudieran tener efecto en estos resultados, ya que debido a la amplia diversidad de formas de vida y hábitats que presentan las especies, se emplean diferentes estrategias de recolecta enfocados en el objetivo de estudio (Márquez, 2005, Fernández-García *et al.* 2017).

#### *Artrópodos terrestres por zonas*

Para ambas zonas (ZC y ZR), el orden Hymenoptera y la familia Formicidae, presentaron una mayor abundancia, sin embargo, dentro de la ZC la presencia de estos grupos, particularmente de la familia Formicidae fue más evidente. Esto concuerda con lo reportado por Pinto-Méndez *et al.* (2011) y Castaño-Meneses (2012), dichos autores mencionan que en los ecosistemas de manglar conformados mayormente por *Rhizophora mangle* habrá una mayor abundancia y dominancia de esta familia. Esta afinidad al mangle rojo puede deberse a la poca tolerancia que presentan los organismos de esta familia con la salinidad, como es el caso de los organismos del género *Camponotus*. (Pinto-Méndez *et al.* 2011). Basado en estas evidencias se puede entender la poca presencia de esta especie en la ZR. Otro organismo relevante de la familia Formicidae fue *Crematogaster*, esta hormiga superó en abundancia a cualquier otra especie recolectado en este estudio debido a su ventaja adaptativa, ya que, de acuerdo a nuestras observaciones, el establecimiento de esta hormiga se caracterizó por un alto reclutamiento preferentemente dentro y sobre las ramas de *R. mangle*. Con respecto a los árboles de *A. germinans*, se observó que las hormigas habitaban este árbol únicamente sobre ramas viejas y/o huecas. Por otro lado, diversos autores describen a los organismos del género *Crematogaster* como organismos territoriales, ya que se comportan de manera agresiva en interacciones interespecíficas (Silvestre *et al.* 2003; Robles-López, 2017). Dadas estas características podemos comprender y explicar la gran abundancia y dominancia de este orden y familia dentro de las dos zonas de manglar. Esta familia y género contribuyó en mayor proporción a la diferenciación entre la ZC y la ZR.

Dentro de la ZC, se registró una mayor riqueza y abundancia del orden Hemiptera con respecto a la ZR. Cabe mencionar que la mayoría de los organismos fueron recolectados en arboles de *R. mangle*, lo cual difiere con lo mencionado por Menezes y Peixoto, (2009) y Vera *et al.* (2013), quienes reportan la presencia de este orden en árboles de *A. germinans* y en menor proporción en *R. mangle*. Este contraste puede explicarse debido al diseño de estudio y a sus objetivos, puesto que ambos autores se enfocaron en analizar el daño en el tejido vegetal y los posibles organismos que provocaron la pérdida de árboles de manglar, mientras que nosotros nos enfocamos en caracterizar la artropofauna de los manglares. Por otro lado, podría esperarse que el grupo de los hemípteros se encuentre mayormente en la ZC, ya que esta zona presenta un estado óptimo de salud, lo cual propicia a ser un sitio óptimo para atender de forma permanente sus necesidades de alimentación y refugio, sin verse forzado a perjudicar o volverse un peligro para el ecosistema de manglar. Cuando el estado de salud del manglar es malo algunos hemípteros y otros herbívoros pueden volverse dañinos para el ecosistema, ya que se ha reportado que la aprovechan la pérdida y/o aumento de ciertos nutrientes favorece la intensidad de daño en la producción y calidad de hojas que finalmente afecta el crecimiento y supervivencia de los manglares (Costa-Acosta *et al.* 2014; Trisawati *et al.* 2019).

En relación a la ZR, se observó una abundancia mayor de la familia Apidae, debido a la relación que tienen con las flores de *A. germinans*. A su vez, se registró una mayor abundancia de la familia Ceratopogonidae (Diptera) y se obtuvo un organismo perteneciente a la familia Carabidae. Budiadi y colaboradores (2020) indican que algunos organismos pertenecientes a la familia Carabidae pueden observarse en lugares habitados por *A. germinans* en estado de rehabilitación, lo anterior coincide con nuestros resultados ya que únicamente se observó esta familia en la ZR. Por su parte, Pearce y Venier (2006) sugieren que los carábidos y otros organismos alados tienen una buena capacidad de dispersión, razón por lo cual podrían ser los primeros colonizadores de hábitats perturbados. En cuanto a la familia Ceraopogonidae, se observaron organismos adultos los cuales fueron recolectados sobre las telas de ejemplares de *Micrathena funebris*. Dada la poca información sobre la ecología, fenología y diversidad biológica de la familia Ceratopogonidae, se recomienda un

estudio más especializado que permita desarrollar nuevas bases para su conocimiento en esta familia en el ecosistema de manglar (González *et al.* 2014; Ibáñez-Bernal, 2017).

En cuanto a la clase Arachnida, Araneae fue el orden con más morfoespecies registradas para la ZC. Dentro de este orden se reconocieron ejemplares pertenecientes a la familia Dytinidae, Salticidae, Mysmenidae y Thomisidae. Estos fueron localizados sobre el follaje de *R. mangle*, sin embargo, la mayor parte de estas familias están representados por un solo organismo, esto puede deberse a una variedad de efectos, tales como la estructura de la vegetación, microclima, disponibilidad de alimento, así como al tiempo o método de muestreo que se empleó en dicho estudio (Coddington *et al.* 1996; Maya, 2010). Esta variedad también pudo afectar la abundancia de la familia Araneidae, particularmente de la especie *Micrathena funebris*, esta especie fue de las que más contribuyó a la diferenciación entre las dos zonas. Esta araña fue observada mayormente sobre árboles de *A. germinans*, así mismo, notamos que varias arañas tejían sus telas cercanas unas de otras, preferentemente en las partes bajas de los árboles, muy cercanos al suelo y sobre todo entre los neumatóforos de *A. germinans*. Esto puede explicar el incremento en la abundancia de *M. funebris* en la ZR. Actualmente no se ha reportado si existe una afinidad entre estas dos especies, sin embargo, sabemos que esta araña es común y notable sobre todo en horario diurno, además pueden encontrarse más de siete arañas en cada árbol de *A. germinans* y cada una en su propia tela, (Meling-López *et al.* 2008).

Dentro de la clase Arachnida, también se registraron ácaros del orden Mesostigmata, todos ellos pertenecientes a la familia Phytoseiidae. Chatterjee *et al.* (2018), indican que los ácaros presentan una mayor asociación con *A. germinans*, sin embargo, esto difiere a nuestros resultados, puesto que la mayoría de ácaros recolectados en este trabajo estuvieron asociados a *R. mangle*, razón por la cual se registró una mayor abundancia de ácaros en la ZC e incluso, mostraron una contribución importante para la diferenciación entre las zonas. Hay que tomar en cuenta que los autores realizaron una recopilación bibliográfica donde la mayoría de los estudios se enfocaron en muestreos de ácaros marinos localizados en neumatóforos de *A. germinans* y en vegetaciones cercanas a los manglares, mientras que nosotros nos enfocamos en la cobertura vegetal general del mangle rojo y negro. Por otro lado, los ácaros fitoseidos recolectados en este estudio se encontraron dentro de las flores de

*R. mangle*, esto concuerda con Mesa (1999) quien también reportó a esta familia asociada al mangle rojo, a pesar de ello, no se menciona la parte de la estructura vegetal en la que se encontraban los organismos. En el caso contrario, Cornejo y González (2015), reportan a ácaros de la familia Ameroseiidae asociados a las flores de *R. mangle*, sin embargo, mencionan que los ácaros pertenecientes a esta familia son endémicos de Ecuador (Faraji y Cornejo, 2006). De esta manera podemos coincidir con Mesa (1999), Pérez-Moreno y Marco-Mancebón (2011) y Chatterjee *et al.* (2018) quienes mencionan que la diversidad de los ácaros asociados a los manglares es considerablemente mayor a lo que se conoce actualmente, razón por la cual aún es incompleta.

#### *Diversidad alfa $\alpha$ y beta $\beta$ entre zonas*

La mayor diversidad  $\alpha$  en la ZR se puede explicar con la hipótesis de disturbio intermedio (Connell, 1978, Petraitis *et al.* 1989), la cual predice mayores niveles de diversidad a niveles intermedios de disturbios producto de la competitividad interespecifica, la apertura de nuevos nichos ecológicos y la colonización de especies invasoras (como es el caso de *Icerya purchasi* (Insecta: Hemiptera) (Ramos y Serna, 2004). Por otro lado, dentro de la ZC se observó una mayor dominancia del género *Crematogaster* (Insecta: Hymenoptera) y la familia Phytoseiidae (Arachnida: Mesostigmata), a comparación de los demás organismos, este efecto reconoce que la zona de referencia es un ecosistema de alta competencia, lo cual provoca que la diversidad disminuya.

Con respecto a la diversidad  $\beta$ , los valores de similitud entre la ZR y ZC mostraron un bajo porcentaje de recambio de especies, lo que indica que todavía son zonas muy diferentes. Estas diferencias en diversidad y abundancia pueden deberse al estado de sucesión en el que se encuentra la ZR, en este sentido, conforme pase el tiempo, la riqueza específica de distintos grupos de artrópodos de esta zona aumentará, tiempo después se verá una disminución, esta variación puede cambiar dependiendo a las condiciones ambientales y estructurales a las que se encuentre el ecosistema (Picaud y Petit, 2007; Farfán-Beltrán, 2016; Budiadi *et al.* 2020).



### *Artrópodos terrestres por temporadas climáticas entre zonas.*

La composición de los artrópodos terrestres mostró variaciones a lo largo de las temporadas climáticas, sin embargo, se observa un incremento de algunos grupos sobre todo en la temporada de lluvias. Esta temporada afectó el estrés hídrico y vigor de las plantas, por lo tanto, se observó un cambio en la estructura vegetal y recursos florales que trajo como resultado una intervención en la abundancia y actividades de organismos depredadores como odonatos y arañas (Matienzo *et al.* 2011), organismos fitófagos como hemípteros, coleópteros, lepidópteros (larvas) y ortópteros, y finalmente un aumento en organismos detritívoros como es el caso de la familia Formicidae (López-Gómez *et al.* 2009). El aumento de la abundancia de esta familia fue más evidente en ambas zonas, e incluso se mostró una gran contribución de este grupo en temporada de lluvias (Tabla 4). Lo anterior, concuerda con lo descrito por Pinto-Méndez y colaboradores (2011). Estos autores mencionan que las hormigas de los manglares presentan un aumento en su abundancia durante los periodos máximos de precipitación. A pesar de que no se menciona la razón ahora podemos inferir que este aumento se debe a la actividad de búsqueda alimenticia que estos organismos realizan dentro del manglar.

Otro aspecto importante en la temporada de lluvias es la menor temperatura y mayor humedad que provocan las precipitaciones, estas características favorecen el ámbito reproductivo de muchas especies (López-Gómez *et al.* 2009; Pinto-Méndez *et al.* 2011; Rivas-Arancibia *et al.* 2015; Quijano-Cuervo *et al.* 2017). Un ejemplo claro de lo anterior se ha reportado para las arañas. Diversos autores mencionan un incremento en la abundancia de este grupo durante esta época, pues el microclima que generan las lluvias facilita la eclosión de huevos (Ozanne *et al.* 2000; Llinas-Gutierrez y Jiménez, 2004; Meling-López *et al.* 2008; Quijano-Cuervo *et al.* 2017), sin embargo, este comportamiento difiere con nuestro estudio, ya que la mayor abundancia de estos organismos se reportó en época de secas. Hay que tomar en cuenta que dentro de la ciénega (tanto en ZC como en ZR) la humedad en la temporada de secas se mantuvo siempre arriba del 50% y el promedio máximo de temperatura fue de 30 °C para ambas zonas (Figura 11), e incluso se reporta una mayor abundancia de organismos presa en secas (Figura 19 y 20), por lo que puede ser que estos factores pudieran beneficiar la supervivencia de las arañas en esta temporada (Maya, 2010).

Con respecto a la familia de los ácaros (Phytoseiidae), Pérez-Moreno y Marco-Mancebón, (2011) mencionan que estos organismos aumentan su abundancia poblacional cuando se encuentra en ambientes favorables, así mismo, su desarrollo influye decisivamente en función de la temperatura, humedad y valor nutricional de su alimento. Por consiguiente, puede ser que la época de nortes fue favorable para su desarrollo, puesto que fue en esta época donde se observó un gran aumento en su abundancia.

#### *Diversidad alfa $\alpha$ y beta $\beta$ entre temporadas*

La mayor diversidad  $\alpha$  durante la temporada de lluvias es consecuencia del aumento de fuentes de alimento, así como la disponibilidad de agua para los organismos, ya que a mayor alimento mayor diversidad de especies (Castillo, 2004; Matienzo *et al.* 2011). Esta diversidad fue mayor en la ZC, no obstante, la ZR fue más equitativa, dado por la baja dominancia de especies en comparación a la ZC.

La diversidad  $\beta$ , mostró una mayor similitud entre las zonas en época de lluvias. Cabe recalcar que esta época provoca un cambio en la estructura vegetal y en recursos florares, por consecuencia existe un incremento y presencia de actividad de muchos organismos (López-Gómez *et al.* 2009; Matienzo *et al.* 2011). El beneficio de esta temporada sobre la estructura vegetal y los artrópodos terrestres se ve reflejado en el alto valor de similitud que se presento entre las dos zonas, puesto que esta época favorece la dinámica de la artropofauna (Clavijo-Awazacko y Amarillo-Suárez, 2013).

Es importante mencionar que los artrópodos son un grupo muy diverso, tienen respuestas diferentes de acuerdo a cambios en valores de humedad, temperatura, agua, disponibilidad de alimento e incluso de interacciones ecológicas (Yazdani y Argawal, 1997; Farfán-Beltrán, 2016), por lo cual su distribución, comportamiento y reproducción es diferencial temporalmente.

## *Composición y función de los artrópodos terrestres en el ecosistema de manglar*

La variación de grupos funcionales y gremios descritos en este estudio fueron derivados principalmente por la estructura del hábitat, por lo tanto, se observó una diferencia en la composición. La ZR presentó un mayor número de gremios y grupos funcionales, esta diferencia también se puede explicar por la apertura de nuevos nichos producto de la sucesión ecológica.

A grandes rasgos podemos mencionar que ambas zonas fueron constituidas fundamentalmente por descomponedores y organismos omnívoros, representados principalmente por hormigas. El papel de estos organismos en los manglares ha sido relativamente poco estudiado, sin embargo, se sabe que son uno de los insectos dominantes que pudieron haber participado como especies degradadoras de materia orgánica, al igual que los organismos detritívoros (Castaño-Meneses, 2012; Robles-López, 2017). Los herbívoros/fitófagos habitaron preferentemente en la ZC, sobre el follaje de los árboles de *R. mangle*. De acuerdo a nuestras observaciones estos organismos mostraron poco daño a los árboles de mangle, por lo que su papel fundamental en esta zona debió ser el reciclaje de nutrientes (Vera *et al.* 2013; Costa-Acosta *et al.* 2014; Gómez-García *et al.* 2015). Los organismos clasificados dentro del grupo de los hematófagos funcionaron como fuente de alimento para depredadores o bien como vectores de virus para vertebrados (Macintosh y Ashton, 2002; Chung *et al.* 2018). Por otro lado, los parasitoides y depredadores/entomófagos podrían estar ejerciendo un control biológico en el sistema principalmente sobre especies fitófagas y hematófagas (Clough *et al.* 2005; Clavijo-Awazacko y Amarillo-Suarez, 2013). Los polinívoros (representados únicamente por los ácaros), también pudieron estar contribuyendo como depredadores debido a su marcada preferencia alimenticia por el grupo de ácaros fitófagos (Pérez-Moreno y Marco-Mancebón, 2011). En cuanto a el gremio nectarívoros/polinizadores fungieron como organismos clave para el ecosistema, sin embargo, este último grupo tuvo una mayor influencia en la ZR, debido a la abundancia floral que presentó esta zona.



Depredador: *Erythrodiplax berenice*



Depredador: *Microthema funebris*



Descomponedor: *Crematogaster rifula*



Polinizador: *Apis mellifera*

**Figura 29.** Organismos asociados al ecosistema de manglar en la costa Norte de Yucatán, representando algunos gremios y grupos funcionales. Fotos: Robles-Toral; García-Martínez y Salinas-Peba.

### *Relación grupos funcionales y fases reproductivas del manglar*

Las fases reproductivas de los manglares fueron un aspecto funcional que representó la capacidad reproductiva del manglar y a su vez nos ayudó a comprender la dinámica ecológica del ecosistema (Castañeda 1998; Stephenson, 1981; Sánchez-Núñez, 2009). Acorde con lo anterior, podemos mencionar que la caracterización de las fases reproductoras del manglar y su relación con los artrópodos terrestres son una herramienta importante para comprender la funcionalidad del ecosistema (Rivas-Arancibia, *et al.* 2015).

De acuerdo a la interpretación de correlación con los grupos funcionales, la abundancia de los polinizadores presenta una relación significativa con la fase floral del manglar, y por lo tanto con el funcionamiento del ecosistema. Respecto a esto, diversos autores mencionan que la presencia de los polinizadores aumenta la producción de frutos y probablemente mejora la variabilidad genética de los mangles (Menezes *et al.* 1997; Culley *et al.* 2002;

Lemus-Jiménez y Ramírez, 2003; Sánchez-Núñez y Mancera-Pineda, 2012), por lo tanto, son organismos con fuertes implicaciones para la conservación vegetal (Parra-Tabla *et al.* 2017, Sosenski y Domínguez, 2018).

Si bien es cierto, la evaluación de las actividades de restauración se puede realizar en términos de crecimiento, productividad y adaptabilidad de las especies de manglar, sin embargo, también es importante evaluar a la par los cambios en la biodiversidad de los artrópodos terrestres a nivel funcional (Macintosh y Ashton, 2002; Otavo *et al.* 2013; Brown *et al.* 2014; Schuldt *et al.* 2014). De esta manera, comprenderemos la relación entre la diversidad, la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas, para que posteriormente este grupo contribuya como un buen indicador para evaluar un ecosistema en proceso de restauración (Forup y Memmott 2005; Schuldt *et al.* 2014; Córdova-Tapia y Zambrano, 2015; Torres y Gonzalez-Reyes, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, resulta posible decir que la ZR y su funcionamiento se ha ido recuperando con el paso del tiempo. Un ejemplo claro es la función de polinización realizada principalmente por *Apis mellifera* en árboles de *A. germinans*. Esta relación mutualista entre mangle y polinizadores también puede beneficiar a la sociedad para la obtención y venta de “miel de manglar” (ECOSUR, 2018).

## 10. CONCLUSIONES

- El grupo de artrópodos terrestres más abundante en el ecosistema de manglar fue el orden Hymenoptera, representado principalmente por la familia Formicidae y el género *Crematogaster*.
- La estructura y composición de la comunidad de artrópodos terrestres es diferente entre la zona conservada (ZC) y la zona en proceso de restauración (ZR)
- La diversidad  $\alpha$  fue mayor en la ZR, esta alta diversidad se debe al estado de sucesión en el que se encuentra dicha zona, mientras que la diversidad  $\beta$  representa un bajo recambio de especies entre zonas.
- La temporada de lluvias en la ZC fue más diversa, pero en la ZR fue más equitativa, así mismo, esta temporada mostró una mayor similitud entre las zonas.
- Los artrópodos terrestres presentan distribución diferencial como respuesta a cambios de humedad, temperatura, velocidad del viento y disponibilidad de alimento, sin embargo, el factor ambiental que más afectó la estructura de los artrópodos terrestres fue la velocidad del viento.
- El gremio de los omnívoros dominó el ecosistema de manglar, seguido de los polinívoros, entomófagos y fitófagos.
- En cuanto a grupo funcional, los descomponedores fueron los más representativos, le siguen los depredadores, herbívoros y finalmente los polinizadores.
- Las fases florales y el grupo de los polinizadores aportan interacciones que benefician al funcionamiento del ecosistema de manglar.

Este estudio sirvió para obtener un conocimiento taxonómico de la artropofauna asociada a los manglares de la costa norte de Yucatán. Así mismo, figura como una de las investigaciones pioneras en el uso de los artrópodos terrestres como variables faunísticas para evaluar zonas de manglar en distinto nivel de conservación.

## 11. LITERATURA CITADA

- Adame, M. F., Hermoso, V., Perhans, K., Lovelock, C.E. and Herrera-Silveira, J. A. (2014). Selecting cost-effective areas for restoration of ecosystem services. *Conservation Biology*, 29(2), 493-502.
- Adame, M. F., Zaldívar-Jiménez, A., Teutli, C., Caamal, J. P., Andueza, M. T., López-Adame, H., Cano, R., Hernández-Arana, H. A., Torres-Lara, R. and Herrera-Silveira, J. A. (2012). Drivers of mangrove litterfall within a karstic region by frequent hurricanes. *Biotropica*, 1-8.
- Anderson, C. and Lee, S.Y. (1995). Defoliation of the mangrove *Avicennia marina* in Hong-Kong cause and consequences. *Biotropica*, 27, 218-216.
- Arceo-Carranza, D., Gamboa, E., Teutli-Hernández, C., Badillo-Alemán, M., y Herrera-Silveira, J. A. (2016). Los peces como indicador de restauración de áreas de manglar en la costa norte de Yucatán. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(2), 489-496.
- Asbridge, E., Lucas, R., Accad, A. and Dowling, R. (2015). Mangrove response to environmental changes predicted under varying climates: Case studies from Australia. *Current Forestry Reports*, 1, 178-194.
- Banda-Pérez, E. J., Aguilar-Lizárraga, J. A., López-Vargas, A. y López-Beltrán, C. J. (2013). La diversidad de arañas de la Isla Quevedo, Sinaloa, México en otoño. *Entomología mexicana*, 12(1), 48-53.
- Batllore-Sampedro, E., Febles-Patron, J. L. y Díaz-Sosa, J. (1999), Landscape Change in Yucatan's Northwest Coastal Wetland (1948-1991), *Human Ecology*, 6(1), 8-20.
- Belkin, J. N., Schick, R. X., Galindo, P. and Aitken, T. H. G. (1969). Mosquito Studies (Diptera: Culicidae). I. A project for a systematic study of the mosquitoes of Middle America. *Contribution of the American Entomological Institute*, 1(2), 1-17
- Benayas, R., Newton, A., Díaz, A. and Bullock, J. (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*, 325, 1121-1124.
- Blondel, J. (2003). Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos*, 100, 223-231
- Brown, B., Fadhillah, R., Nurdin, Y., Iona, S. and Ahmad, R. (2014). Case study: Community Based Ecological Mangrove Rehabilitation (CBEMR) in Indonesia. *Sapiens*, 7(2), 1-12.
- Budiadi, Musyafa, Hardiwinoto, S. y Syahbudin, A. (2020). Changes in insect biodiversity on rehabilitation sites in the southern coastal areas of Java Island, Indonesia. *Biodiversitas*, 21, 1-7.

- Callaway, J. C., Sullivan, G., Desmond, J. S., Williams, G. D. and Zedler, J. B. (2001). Assessment and Monitoring. En: J.B. Zedler (Ed.). Handbook for restoring tidal wetlands. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Cannicci, S., Burrows, D., Fratini, S., Smith, T.J., Offenberg, J. and Dahdouh-Guebas, F. (2008). Faunal impact on vegetation structure and ecosystem function in mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89(2), 186-200.
- Carrillo-Bastos, A., Elizalde-Rendón, E. M., Torrescano, V. N y Flores, O. G. (2008). Adaptación ante disturbios naturales, manglar de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Foresta Veracruzana*, 10(1), 31-38.
- Castañeda, E. (1998). *Fenología reproductiva de Avicennia germinans y Rhizophora mangle en el delta exterior del rio Magdalena-Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.
- Castaño-Meneses, G. (2012). Primeros registros de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en suelos de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) en Xcalak, Quintana Roo, México. *Dugesiana*, 19(2), 113-116.
- Castillo, L. A. (2004). *Efecto de la perturbación antropogénica por cambio de uso de suelo y variación temporal de la diversidad de cinco ordenes de insectos del desierto de Sonora*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de las Américas Puebla. México.
- Chao, A. and Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547.
- Chatterjee, T., Pflingstl, T. and Pešić, V. (2018). A checklist of marine littoral mites (Acari) associated with mangroves. *Zootaxa*, 4442(2), 221-240.
- Cheli, H. G. y Martínez J. F. (2017). Artrópodos terrestres, su rol como indicadores ambientales. En: Udrișar, S. D., Pazos, E. G. y Arias, M. A. (Eds.). *Reserva de vida silvestre San Pablo de Valdés: 10 años*. (pp. 99-117). Chubut, Patagonia Argentina.
- Chung, A. Y. C., Tangah, J. and Japir, R. (2018). Inset diversity as a tool to monitor the status of a rehabilitated mangrove site in Sabah. *Sepilok Bulletin*, 27, 30-50.
- Clarke, K.R. and Warwick, R.M. (1994). Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation. *Natural Environment Research Council*, UK.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., Somerfield, P.J. and Warwick, R.M. (2014) *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 3rd edition*. PRIMER-E: Plymouth.



- Clavijo-Awazacko, H. y Amarillo-Suárez, A. (2013). Variación taxonómica y funcional en la artropofauna asociada a comunidades vegetales en humedales altoandinos (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 155-163.
- Clough, Y., Kruess, A., Kleijn, D. and Tschardtke, T. (2005). Spider diversity in cereal fields: comparing factors at local, landscape and regional scales. *Journal of Biogeography*, 32, 2007-2014.
- Coddington, J.A., Young, L.H. and Coyle, F.A. (1996). Estimating spider species richness in a Southern Appalachian cove hardwood forest. *Journal of Arachnology*, 24, 111-128.
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rainforest and coral reefs. *Science*, 199, 1302-10.
- Cordero, V. A. A. (2008). *Composición de los gremios de artrópodos en sistemas vegetales mono-específicos y poliespecíficos de trébol blanco (Trifolium repens L.) y ballica italiana (Lolium multiflorum Lam.)* (Tesis de Licenciatura). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Córdova-Tapia, F. y Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas*, 24(3), 78-87.
- Cornejo, X. y González, G. (2015). Contribución al conocimiento de la fauna entomológica de los manglares: *Olla roatanensis* Vandenberg y *Cheilomenes sexmaculata* Fabricius, dos nuevos registros de Coleoptera: Coccinellidae para Ecuador y Perú. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 8(2), 76-80.
- Costa-Acosta, J., Castell-Puchades, M. A., González-Olivía, R., Reyes-Domínguez, O. J. y Quintana-Álvarez, L. O. (2014). Caracterización y salud del manglar en el refugio de fauna El Macío, Granma, Cuba. *Ciencia en su PC*, (4), 1-18.
- Culley, T. M., Weller, S. G. and Sakai, A. K. (2002). The evolution of wind pollination in angiosperms. *Trends in Ecology and Evolution*, 17, 361–369.
- Cultid-Medina, C. A. y Medina, C. A. (2015). Los escarabajos coprófagos y su monitoreo en la restauración de ecosistemas. En: Aguilar-Garavito, M. y W. Ramírez (Eds.). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres* (pp. 119-133). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia.
- Dencer-Brown, A. M., Alfaro, A. C., Bourgeois, C., Sharna, S. and Milne, S. (2020). The secret lives of mangroves: Exploring New Zealand's urban mangroves with integrated biodiversity assessments. *Ocean and Coastal Management*, 191, 105185
- De Lima Nadia, T., Cerdeira, M. L. P. y Machado, I. C. (2012). Reproductive phenology of a northeast Brazilian mangrove community: Environmental and biotic constraints. *Flora*, 207, 682-692.

- Del Val, E., Boege, K., Martínez-Garza, C., Juan-Baeza, I. y Solís, L. (2016). Restauración de poblaciones de invertebrados e interacciones bióticas en selvas estacionales de Jalisco y Morelos. En: Ceccon, E. Y C. Martínez-Garza (Eds.). *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas*. (pp. 369-384). UNAM, UAEM, CONABIO. Cuernavaca, Morelos.
- Duke, N.C., Bunt, J.S. y Williams, W.T. (1984). Observations on the floral and vegetative phenologies of north-eastern Australian mangroves. *Aust. J. Bot*, 32, 87–99
- Duke, N.C., Ball, M.C. and Ellison, J.C. (1998). Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7, 27-47.
- Duke, C. N. (2017). Mangrove Floristics and Biogeography Revisited: Further Deductions from Biodiversity Hot Spots, Ancestral Discontinuities, and Common Evolutionary Processes. En *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective: Structure, Function, and Services* (pp. 17-52). Alemania: Springer.
- Durán, M. M. (2012). *Distribución, abundancia y composición de la comunidad de dípteros hematófagos vectores de enfermedades en Castilla-La Mancha: riesgos para la salud pública y sanidad animal*. (Tesis doctoral). Universidad de Castilla-La Mancha, España.
- Echeverría, A. C. S. (2014). *Evaluación del crecimiento de Avicennia germinans (L.) Stearn en un sitio de restauración ecológica en el puerto de Progreso*. (Tesis de Licenciatura), Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Echeverría-Ávila, S., Pérez-Ceballos, R., Zaldívar-Jiménez, A., Canales-Delgadillo, J., Brito-Pérez, R., Merino-Ibarra, M. y Vovides, A. (2019). Regeneración natural de sitios de manglar degradado en respuesta a la restauración hidrológica. *Madera y Bosques*, 25(1), 1-14.
- ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur). (2018). *Mieles Mesoamericanas*. México. Recuperado de: <https://www.ecosur.mx/mieles/miel-de-manglar/>
- Environmental Laboratory. (1987). *Corps of engineers wetlands delineation manual*. Technical report Y-87-1. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Vicksburg, MS, USA.
- Estrada, M. G., Vargas, A. G., Mejía, D. A., Beltrán, C. S. y Fuenmayor, K. D. (2019). Arañas asociadas a los bosques de manglar en el brazo Calancala y el Riito, delta del Rio Ranchería, Caribe Colombiano. *Manglares de América*. 94-101.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2007). *The World's Mangroves 1980- 2005: A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005*. Roma. 89p. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a1427e/a1427e00.htm>

- FAO (Food and Agriculture Organization). (2017). *Línea base del servicio ecosistémico de la polinización en Paraguay*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i7030s.pdf>.
- Farfán-Beltrán, M. E. (2016). *Estructura de la comunidad de artrópodos en sitios conservados, perturbados y sujetos a restauración ecológica en el Pedregal de San Ángel, D.F., México*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.
- Faraji, F. and Cornejo, X. (2006). A new Hattena Domrow (Acari: Ameroseiidae) from Ecuadorian mangroves and a new generic record for South America. *International Journal of Acarology*, 32(3), 287-291.
- Fernández, G. I., Fontenla, R. J. L., Hidalgo-Gato, G. M. M., Cruz, F. D. D., Rodríguez, V. D., Neyra, R. B., Mestre, N. N. y Gutiérrez, C. E. (2017). Insectos terrestres. En: Mancina, C. A. y Cruz, D. D. (Eds.). *Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* (pp. 224-253). Editorial AMA. La Habana, Cuba.
- Flores, M. A., Aguirre, A., Flores, M. y Guardado, X. (2010). El impacto que produce el sector turístico en los manglares de las costas mexicanas. *Revista Contactos*, 77, 33-38.
- Flores, R. M. E., Ruiz, M. H., Salas, S. U. S., Menjivar, R. R. A. y Sermeño, M. J. (2014). *Insectos xilófagos y su incidencia en la muerte de mangle en Barra Salada, del área natural protegida Los Cóbanos, Sonsonate y Bahía de Jiquilisco, Usulután, el Salvador*. (Tesis doctoral). Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Forup, M. L. y Memmott, J. (2005). The restoration of plant-pollinator interactions in hay meadows. *Restoration Ecology*, 13(2), 265-274.
- Gerónimo-torres, J. D. C., Perez-De la Cruz, M., De la Cruz-Perez, A. and Torres-De la Cruz, M. (2015). Platypodinae and Scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) associated with mangroves in Tabasco, Mexico. *Revista Colombiana de Entomología*, 41(2), 257-261.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J. and Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forest of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 154-159.
- González, M. M. V. (2006). Ácaros oribátidos de las selvas tropicales de México y Belice. *Caos Conciencia*, 1, 19-23.
- González, M., López, S., Romón, S. P., Iturrondobeitia, J. C. y Goldarazena, A. (2014). Fenología, ecología y diversidad de la familia Ceratopogonidae (Diptera: Nematocera), excluyendo el género Culicoides, en el país Vasco (Península Ibérica). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 55, 205-215.

- García-Gómez, A., Castaño-Meneses, G., Vázquez-González, M. M. and Palacios-Vargas, J.G. (2014). Mesofaunal arthropod diversity in shrub mangrove litter of Cozumel Island, Quintana Roo, México. *Applied Soil Ecology*, 83, 44-50.
- Gómez-García, E., Soto-Estrada, A., Sol-Sánchez, A., Pérez-Vázquez, A., Sánchez-Soto, S. y Ruíz-Rosado, O. (2015). Daño foliar ocasionado por la herbivoría en árboles de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en Tabasco, México. *Fitosanidad*, 19(3), 213-219.
- Grampurohit, G. and Karkhanis, H. (2013). *Insect Biodiversity at Mangrove Ecosystem*. National Conference on Biodiversity: Status and Challenges in Conservation. ISBN: 978-81-923628-1-6.
- Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M. D. y Martínez-Yáñez, R. (2016). Diversidad biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta zoológica mexicana*, 32(3), 370-379.
- Hernández-Blanco, M., Constanza, R. y Cifuentes-Jara, M. (2018). *Valoración económica de los servicios ecosistémicos provistos por los manglares del Golfo de Nicoya*. Conservación internacional, San José, Costa Rica. 71 pp.
- Herrera, F. F. y Cuevas, E. (2003). Artrópodos del suelo como bioindicadores de recuperación de sistemas perturbados. *Venesuelos*, 11(1-2), 67-78.
- Herrera Silveira J., Ramírez-Ramírez, J. y Zaldívar-Jiménez, A. (1998). Overview and characterization of the hydrology and primary producer communities of selected coastal lagoons of Yucatan, México. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1, 353-372.
- Herrera-Silveira, J. A., Teutli, H. C., Zaldívar, J. A., Caamal, S. J., Alvarado, E., Andueza, T., Pérez, C. R., Morales, O. S. y Cortés, B. O. (2009). Propuesta metodológica para evaluar el grado de deterioro de los ecosistemas de manglar: El caso Yucatán. CINVESTAV/SEMARNAT-INE. Informe Final.
- Herrera-Silveira, J., Zaldívar-Jiménez, A., Teutli-Hernández, C., Pérez-Ceballos, R., Caamal, J. y Andueza, T. (2012). Rehabilitación de manglares en el estado de Yucatán sometidos a diferentes condiciones hidrológicas y nivel de impacto: el caso de Celestún y Progreso. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. Unidad Mérida. Informe Final SNIB-CONABIO. Proyecto.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H. y Chao, A. (2013). iNEXT online: interpolation and extrapolation (Version 1.2.0) Disponible en: [http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software\\_download/inext-online/](http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/)

- Ibarra-Núñez, G., Maya-Morales, J. and Chame-Vázquez, D. (2011). Spiders of the cloud montane forest of the Biosphere Reserve Volcan Tacana, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1183-1193.
- Ibáñez-Bernal, S. (2017). Actualización del catalogo de autoridades taxonómicas de los dípteros (Diptera: Insecta) de México. Instituto de Ecología A.C. Red ambiente y sustentabilidad. Informe final-SNIB-CONABIO proyecto JE006. Ciudad de México.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). (1986). Proyecto de la restauración de la ciénega de Progreso, Yucatán. Recuperado en: [https://www.inecc.gob.mx/repositorio/ae/ae\\_002360.pdf](https://www.inecc.gob.mx/repositorio/ae/ae_002360.pdf).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Progreso, Yucatán. Recuperado en: [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/31/31059.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/31/31059.pdf)
- Jiménez-Carmona, E., Domínguez-Haydar, Y., Henao, N. y Zabala, G. (2015). Las hormigas en el monitoreo de la restauración ecológica. En: Aguilar-Garavito, M. y W. Ramírez (Eds.). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres* (pp. 108-118). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, Colombia.
- Johnson, N. F. y Triplehorn, C. A. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Belmont, CA: Thompson Brooks/Cole.
- Kaspari, M. (2003). Introducción a la ecología de hormigas. En: Fernández, F. (Ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. (pp. 97-108). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Kathiresan, K and Bingham, B. L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 40, 81-251.
- Krantz, G. W. (2009). Habits and habitats. En: Krantz, G. W. y D. E. Walter (Eds.). *A manual of Acarology*. (pp. 1-2). Texas Tech University Press. Lubbock, Texas.
- Kulkarni, A. and Mukadam, M. (2015). Insect fauna in Mangrove ecosystem of Bhatye estuarine región. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 3 (5), 248-251.
- Lee, S. Y., Jones, E. B. G., Diele, K., Castellanos-Galindo, G. A. and Nordhaus, I. (2017). Biodiversity. En: Rivera-Monroy, V. H., Lee, S. Y., Kristensen, E. and Twilley, R. (Eds.). *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective, structure, function, and services* (pp. 55-86). Springer. Cham, Switzerland.

- Lemus-Jiménez, L. J. y Ramírez, N. (2003). Polinización y polinizadores en la vegetación de la planicie costera de Paraguaná, estado Falcon, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, 54, 97–114.
- Leps, J and Smilauer, P. (2003). Multivariate analysis of ecological data Using CANOCO. Cambridge University Press, New York.
- Lindig-Cisneros, R. y Zambrano, L. (2007). Aplicaciones practicas para la conservación y restauración de humedales y otros ecosistemas acuáticos. En: Sánchez, O., M. Herzig, E. Peters, R. Márquez-Huitzil y L. Zambrano (Eds.). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (pp. 167-188). Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México, D.F.
- Llinas-Gutiérrez J. y Jiménez, M. L. (2004). Arañas de humedales del sur de Baja California, México. *Serie Zoológica*, 75(2), 283-302.
- López-Barrera, F., Martínez-Garza, C. y Ceccon, E. (2017). Ecología de la restauración en México: estado actual y perspectivas. *Revista Mexicana de la Biodiversidad*, 88, 97-112.
- López-Gómez, V., Jiménez-Cedillo, L. Y., Blanco-Becerril, M. Á., y Cano-Santana, Z. (2009). Ecología de la comunidad de artrópodos asociada a *Muhlenbergia robusta* (Poaceae). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel. Universidad Nacional Autónoma de México, México*, 441-451.
- López-Portillo, J. y Ezcurra, E. (2002). Los manglares de México: una revisión. *Madera y bosques*, 8(Es1), 27-51.
- Louton, J., Gelhaus, J. and Bouchard, R. (1996). The aquatic macrofauna of water-filled bamboo (Poaceae: Bambusoideae: *Guadua*) internodes in a Peruvian lowland tropical forest. *Biotropica*, 28(2), 228-242.
- Lucio-Palacio, C. R., Santos, O. T. y Cruz-Nava, A. (2014). Las arañas del suelo en la restauración de manglares del Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz. DOI: 10.13140/2.1.4784.1922
- Macintosh, D. J. and Ashton, E.C. (2002). A review of Mangrove Biodiversity Conservation and Management. Centre for Tropical Ecosystems Research, University of Aarhus, Denmark.
- Maglianesi, S. M. A. (2011). Restauración ecológica: perspectiva histórica e implicaciones éticas de una disciplina en crecimiento. *Biocenosis*, 25(1-2), 34-41.
- Matienzo, B. Y., Veitía, R. M. M. y Alayón, G. G. (2011). Composición y riqueza de insectos y arañas asociadas a las plantas florecidas en sistemas agrícolas urbanos. *Fitosanidad*, 15(1), 25-29.

- Majer, J. D. (1997). Invertebrates assist the restoration process: an Australian perspective. En: Urbanska, K. M., N. R. Webb and P. J. Edwards (Eds.). 1997. *Restoration Ecology and Sustainable Development* (pp. 212-297). Cambridge University Press. United Kingdom.
- Márquez, L. J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.
- Martin, D. M. (2017). Ecological restoration should be redefined for the twenty-first century. *Restoration Ecology*, 25(5), 668-673.
- Martínez, F. A. P. (2004). *Influencia de las variables microambientales y el tamaño del área en las comunidades de artrópodos asociados a rocas*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- Martínez, Z. A. A. (2013). *Incidencia y sobrevivencia de propágulos de Rhizophora mangle Linnaeus infestados por Coccotrypes rhizophorae Hopkins (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en el manglar de Tumulco, Tuxpan, Veracruz*. (Tesis de Maestría). Universidad Veracruzana, México.
- Maya, M. J. (2010). *Diversidad de arañas de la vegetación en un bosque mesófilo de montaña en Chiapas, México*. (Tesis de Maestría). El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). México.
- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales: Veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 28(10), 581-589.
- Meling-López, A. E., Martínez-Camacho, C. I. y Duarte-Fuentes, G. A. (2008). Estructura poblacional y biología de la araña espinosa (*Micrathena funebris* Marx, 1898) del manglar del estero La Cruz, Bahía Kino, Sonora. *Biotecnía*, 5(3), 38-47.
- Mendoza, M. J. (2018). Plan de Desarrollo municipal, Progreso, Yucatán, 2015-2018: Estrategias con visión de futuro, integralidad y justicia social. Mendoza: Consultoría especializada S. C.
- Menéndez, L., Guzmán, J. M. y Priego, Á. (2006). Manglares del Archipiélago Cubano: aspectos generales. En: Menéndez L. y Guzmán J. M. (Eds.), *Ecosistema de manglar en el archipiélago cubano*. La Habana, UNESCO.
- Menezes, M. P., Oliveira, D. and Mello, C. F. (1997). Pollination of red Mangrove *Rhizophora mangle* in the northern Brazil. *Acta Horticulturae*, 437, 431-434.
- Menezes, M. P. and Mehlig, U. (2005). Desfolhação maciça de árvores de *Avicennia germinans* (L.) Stern 1958 (Avicenniaceae) por *Hyblaea puera* (Lepidoptera: Hyblaeidae), nos manguezais da Península de Bragança, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais*, 1, 221-226.

- Menezes, T. L. F. and Peixoto, A. L. (2009). Leaf damage in a mangrove swamp at Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 32(4), 715-724.
- Mesa, N. C. (1999). Ácaros de importancia agrícola en Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 52(1), 321-363.
- Minchinton, T.D. and Dalby –Ball, M. (2001). Frugivory by insects on mangrove propagules: effects on the early life history of *Avicennia marina*. *Oecologia*, 129, 243–252.
- Mitsch, W. J. and Gosselink, J. (1986). *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold. New York, USA.
- Mitsch, W. J. and Gosselink, J. G. (2000). *Wetlands*. 3rd ed. John Wiley and Sons. New York, USA.
- Mitsch, W. J. and Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. 5ta edición. 456 p.
- Moreno-Mateos, D., Power, M. E., Comín, F. A. and Yockteng, R. (2012). Structural and functional loss in restored wetland ecosystems. *PLoS Biology*, 10(1), 1-8.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. ORCYT-UNESCO Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA).
- Ortiz, M. C. (2014). *Evaluación de la diversidad de arañas como indicadores de la efectividad de las estrategias de restauración implementadas en el corredor biológico Barbas-Bremen, Filandia (Quindío-Colombia)*. (Tesis Doctoral). Universidad ICESI, Cali, Colombia.
- Osorio J. A., Wingfield, M. and Roux, J. (2016). A review of factors associated with decline and death of mangroves, with particular reference to fungal pathogens. *South African Journal of botany*, 103, 295-301.
- Otavo, S. E., Parrado-Rosselli, A. y Noriega, J. A. (2013). Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. *Revista de biología tropical*, 61(2), 735-752.
- Owuor, M. A., Mulwa, R., Otieno, P., Icely J. and Newton. A. (2019). Valuing mangrove biodiversity and ecosystem services: A deliberative choice experiment in Mida Creek, Kenya. *Ecosystem Services*, 40, 1-12.
- Ozanne, C.M.P., Speight, M.R., Hambler, C. and Evans, H.F. (2000). Isolated trees and forest patches: patterns in canopy arthropod abundance and diversity in *Pinus sylvestris* (Scots Pine). *Forest Ecology and Management*, 137, 53-63.
- Parra-Tabla, V. Abdala-Roberts, L., Téllez, P., Celaya, N., Salinas-Peba, L. y Alonso, C. (2017). Fenología de floración y visitantes florales de especies herbáceas. En: Ramos-



- Zapata, J., Parra-Tabla, V., Leirana-Alcocer, J., González-Moreno, A. y Chiappa-Carrara, X. (Eds.). *Ecología funcional de la Reserva de la Biósfera de Ría Lagartos* (pp. 104-121). SIIES, UADY, UNAM. México.
- Pearce, J.L. and L.A. Venier. (2006). The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: a review. *Ecological Indicators*, 6, 780-793.
- Pérez-Moreno, I. y Marco-Mancebón, V. S. (2011). Importancia y uso de los ácaros fitoseidos (Acari, Phytoseiidae) en el manejo agroecológico de plagas. En: Aragón, G. A., Jiménez, D. G. y Huerta, M. L. (Eds.). *Manejo agroecológico de sistemas vol. II* (pp. 70-92). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Pérez, T. M., Guzmán-Cornejo, C., Montiel-Parra, G., Paredes-León, R. y Rivas, G. (2014). Biodiversidad de ácaros en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 399-407.
- Petraitis, P.S., Latham, R.E. and Nisenbaum, R.A. (1989). The maintenance of species diversity by disturbance. *The Quarterly Review of Biology*, 64(4), 393-418.
- Picaud, F. and D. Petit. (2007). Primary succession of Acrididae (Orthoptera): Differences in displacement capacities in early and late colonizers of new habitats. *Acta Oecologica*, 32, 59-66.
- Pinkus, R.M.A. (2010). El hombre y los artrópodos: un vínculo inalienable. *Península*, 5(2), 81-100.
- Pinzón, V. C. V. (2017). *Evaluación de la topografía y su aplicación en la restauración de una zona de manglar en Progreso, Yucatán*. (Tesis de Maestría). Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Pinto-Méndez, M., Larios-Padilla, L., Echeverry-Alcendra, A. y García-Urueña. (2011). Descripción preliminar de la diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en época de lluvias en formaciones de manglar en la bahía de Nuguanje, Parque Nacional Natural Tayrona. Santa Marta-Colombia. *Revista Intropica*, 6, 63-69.
- Quijano-Cuervo, L., Martínez-Hernández, N. y Sabogal-González. (2017). Variación temporal de la abundancia y algunos aspectos poblacionales de *Micrathena* (Araneae:Araneidae) en un Bosque Seco Tropical (BST) del Caribe colombiano. *Ecología Austral*, 27, 199-209.
- Quinn, G. P. and Keough, M. J. (2002). Correlation and regression. En: Quinn, G. P. y Keough (Eds.). M. J. *Experimental design and data analysis for biologists* (pp. 72-110). Cambridge University Press. New York.

- Rahaman, A. A. (2002). Mangrove insect fauna of Muthupet, Tamil nadu. En: *National Seminar on Conservation of Eastern Ghats Tirupati* (pp. 327-338). Andhra Pradesh, India.
- Ramos, P. A. A. y Serna, C. F. J. (2004). Coccoidea de Colombia, con énfasis en las cochinillas harinosas (Hemiptera: Psudococcidae). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2383-2411.
- Ramsar. (2006). Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la convención sobre los humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4ª edición. Secretaria de la Convención de Ramsar. Gland, Suiza.
- Reyes-Novelo, E., Meléndez, V., Delfín, H. y Ayala, R. (2009). Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 1-13.
- Régnière, J. (2009). Predicción de la distribución continental de insectos a partir de la fisiología de las especies. *Unasylva*, 231/232(60), 37-42
- Restrepo, B. L. F. y González, L. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183-192.
- Ribera, I., Melic, A. y Torralba, A. (2015). Introducción y guía visual de los artrópodos. *Revista IDE@ SEA*, 2, 1-30.
- Rivas-Arancibia, S. P., Bello-Cervantes, E., Carrillo-Ruíz, H., Andrés-Hernández, A. R. Figueroa-Castro, D. M. y Guzmán-Jiménez, S. (2015). Variaciones de la comunidad de visitantes florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 178-187.
- Robles-López, K. Y. (2017). *Hormigas asociadas a mangle rojo (Rhizophora mangle L.) en el Golfo de Urabá y su papel como agentes involuntarios de patógenos inductores de agallas*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. Colombia.
- Rodríguez, Z. M. T., González, P., Nava, E., López, J., Bejarano, M., Cruz, M. I., De la Cruz, G. y Ortega, A. (2018). Marco de referencia para la integración y análisis de los manglares de México. En: Rodríguez, Z. M. T., Villeda, E., Vázquez-Lule, A. D., Bejarano, M., Cruz, L. M. I., Olguín, M., Villela G. S. A. y Flores, R. (Coordinadores). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (pp. 13-27). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.
- 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 para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Romero-Berny, E. I., Santamaría-Damián, S., Gómez-Ortega, R. y Velázquez-Velázquez, E. (2013). Una aproximación a las tasas de deforestación de los manglares en México. *Lacandonia*, 7(2), 51-58.
- Romero, C. G. M. y Tixi V. D. G. (2015). *Composición y estructura de la comunidad de insectos en dos zonas de la estación científica "El Gullán", Azuay-Ecuador*. (Tesis de Licenciatura). Universidad del Azuay, Ecuador.
- Ruiz-Jaen, M. C. and Aidé, M. T. (2005). Restoration success: how is it being measured? *Restoration ecology*, 13(3), 569-577.
- Sánchez-Núñez, D. A. (2009). *Patrones de Floración, polinización y producción de frutos de tres especies neotropicales de mangle presentes en humedales de San Andrés isla, Caribe Colombiano*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- Sánchez-Núñez, D. A. and Mancera-Pineda, J. E. (2012). Pollination and fruit set in the main neotropical mangrove species from the Southwestern Caribbean. *Aquatic Botany*, 103, 60-65.
- Sánchez-Bayo, F. and Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8-27.
- Sandilyan, S. and Kathiresan, K. (2012) Mangrove conservation: a global perspective. *Biodiversity conservation*, 21, 3523–3542.
- Schowalter, T. (2006). *Insect ecology: An ecosystem approach*. Academic press. Amsterdam, Holanda.
- Schuldt, A., Bruelheide, H., Durka, W., Michalski, S. G., Purschke, O. and Assmann, T. (2014). Tree diversity promotes functional dissimilarity and maintains functional richness despite species loss in predator assemblages. *Oecologia*, 174(2), 533-543.
- SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group). (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona. Recuperado en: [https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER\\_Primer/ser-primer-spanish.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf).
- Sevillano, R. C. S. (2010). *Efectos de la fragmentación y degradación de hábitat de queñual (Polylepis spp.) con respecto a la avifauna asociada en la reserva de biosfera Huascarán*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú.

- Silvestre, R., Brandão, C. R. F. y Rosa da Silva, R. (2003). Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. En: Fernández, F. (Ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical* (pp. 113-149). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Simmons, J. y Muñoz-Saba, Y. (2005). Categorías de ejemplares. En: Simmons, J. y Muñoz-Saba (Eds.). *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas* (pp. 72-74). Universidad Nacional de Colombia.
- Sosenski, P. y Domínguez, C. A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 961-970.
- Steneck, R. (2001). Functional groups. *Encyclopedia of Biodiversity*, 3, 121-139.
- Stephenson, A. (1981). Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 12, 253-279.
- Teutli-Hernández, C. (2004). *Estimación del éxito de la restauración hidrológica de zonas de manglar en el norte de Yucatán, México*. (Tesis de Licenciatura). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Teutli-Hernández, C. y Herrera-Silveira, J. A. (2016). Estrategias de restauración de manglares de México: el caso Yucatán. En: Ceccon, E. Y C. Martínez-Garza (Eds.). *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas* (pp. 459-484). Cuernavaca, Morelos: UNAM, UAEM, CONABIO.
- Teutli-Hernández, C. (2017). *Una aproximación a la integración de las escalas ecológicas para la restauración de ecosistemas de manglar* (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona, España.
- Thom, B.G. (1984). Coastal landforms and geomorphic processes. En: Snedaker, S. C. and Snedaker, J.G. (Eds.). *The mangrove Ecosystem: Research Methods* (pp. 3-17). UNESCO, París.
- Torres, V. M. y González-Reyes, A. X. (2017). Diversidad taxonómica y funcional de arañas (Araneae) epigeas en bosques nativos de las Yungas (Salta, Argentina). *Ecología*, 39(2), 326-344.
- Trisnawati, I., Muryono, M. and Desmawati, I. (2019). The impact of herbivorous insect on leaves of mangrove especies *Rhizophora stylosa* and its relation to leaf nutrient level. *Biodiversitas*, 20, 1409-1415.
- Twilley, R. R., Gottfried, R. R., Rivera-Monroy, V. H. *et al.* (1998). An approach and preliminary model of integrating ecological and economic constraints of environmental quality in the Guayas River estuary, Ecuador. *Environmental Science & Policy*, 1, 271-288.

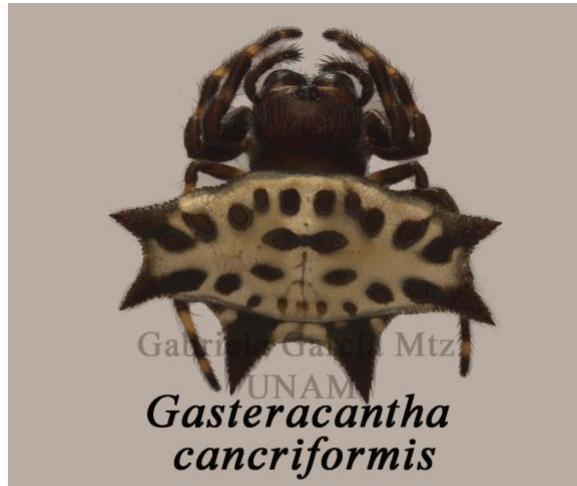
- Uribe, B. E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Naciones Unidas, Santiago: CEPAL. Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295\\_en.pdf;jsessionid=AF9418A272BD5F733E7D1CE37DA58E66?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf;jsessionid=AF9418A272BD5F733E7D1CE37DA58E66?sequence=1).
- Van der Hammen, T., Stiles, F. G., Rosselli, L., Chisacá, H. M. L., Camargo Ponce de León, G., Guillot, M. G., Useche, S. Y. y Rivera, O. D. (2008). *Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de humedales en centros urbanos*. Secretaria Distral de Ambiente, SDA. Bogotá, Colombia.
- Valderrama-Landeros, L. H., Rodríguez-Zúñiga, M. T., Troche-Souza, C., Velázquez-Salazar, S., Villeda-Chávez, E., Alcántara-Maya, J. A., Vázquez-Balderas, B., Cruz-López, M.I. y Ressler, R. (2017). *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.
- Valiela, I., Bowen, J. L. and York, J. K. (2001). Mangrove forests: One of the world's threatened major tropical environments. *BioScience*, 51(10), 807-815.
- Vargas, R. O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 221-246.
- Vázquez-Lule, A. D., Reyes-Castellanos, J. E., Agraz-Hernández, A. y Adame, M. F. (2009). *Caracterización del sitio de manglar Progreso*. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.
- Vera, A., García, M., Fernández, J. Iniciarte, E. y Martínez, M. (2013). Artrópoda herbívora asociada al manglar de la ciénega de La Palmita, estado Zulia, Venezuela. Congreso Venezolano de entomología. Recuperado en: [https://www.researchgate.net/publication/312197643\\_Artrópoda\\_herbívora\\_asociada\\_al\\_manglar\\_de\\_la\\_ciénega\\_de\\_La\\_Palmita\\_estado\\_Zulia\\_Venezuela](https://www.researchgate.net/publication/312197643_Artrópoda_herbívora_asociada_al_manglar_de_la_ciénega_de_La_Palmita_estado_Zulia_Venezuela).
- Villavicencio, G. R., Espinosa, A., Hernández, Á. E. *et al.* (2009). *Medición forestal*. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas, Departamento de Producción Forestal. México.
- Villeda, C. E., Lara, A. L., González, Z. P., Rubio, E. A., Valderrama, L., Ramírez, G. P., García, C. L., Argüello, V. J. y Cruz, L. M. I. (2018). Muestreo de variables estructurales. En: Rodríguez, Z. M. T., Villeda, E., Vázquez-Lule, A. D., Bejarano, M., Cruz, L. M. I., Olguín, M., Villeda G. S. A. y Flores, R. (Coordinadores). *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (pp. 71-124). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.

- Yáñez-Arancibia, A., W. J. Day., R. R. Twilley y H. R. Day. (2014). Manglares: ecosistema centinela frente al cambio climático, Golfo de México. *Madera y Bosques*, 20, 39-75.
- Yáñez-Arancibia, A y Lara-Domínguez, A. L. (1999). Los manglares de América Latina en la encrucijada. En: Yáñez-Arancibia, A. y Lara-Domínguez, A. L. (Eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical* (pp. 9-16). Instituto de Ecología A. C. México. UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA.
- Yazdani, S. and M. Agarwal. (1997). *Elements of Insect Ecology*. Alpha Science. Nueva Delhi, India.
- Zhao, Q., Bai, J., Huang, L., Gu, B., Lu, Q. and Z. Gao. (2016). A review of methodologies and success indicators for coastal wetland restoration. *Ecological indicators*, 60, 442-452.
- Zaldívar, J. A., Herrera, S. J., Teutli, H. C., Hernández, S.R. y Caamal, S. J. (2010). Manglares. En: Durán R. y M. Méndez (Eds.). *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán* (pp. 138-139). Mérida, Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA.
- Zizumbo, D. (1989). *El deterioro del sistema ecológico, ciénega de progreso, Yucatán, México*. Secretaria de ecología. Gobierno del estado de Yucatán, Mérida, Yucatán. 120 pp.

## 12. ANEXO I

Fotografías de los organismos asociados al ecosistema de manglar, dentro de la ciénega de Progreso, Yucatán. \*Se incluyen dos especies de mariposas recolectadas en salida piloto.









Gabriela García Mtz.  
UNAM  
*Palpapa* sp.



Gabriela García Mtz.  
UNAM  
*Cicindela* sp.



Gabriela García Mtz.  
UNAM  
Hemiptera sp.4



Gabriela García Mtz.  
UNAM  
Phytoseiidae



Gabriela García Mtz.  
UNAM  
Thripidae



Gabriela García Mtz.  
UNAM  
Larva de lepidóptero

