

TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHETUMAL

Variación de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

Tesis para obtener el Grado de:

Maestro en Manejo de Zona Costera

Presenta:

Biól. Pedro Antonio Cauich Geronimo

Director:

Dr. Leopoldo Q. Cutz Pool

Codirector:

M.C. Héctor J. Ortiz León

Chetumal, Quintana Roo, México,

Diciembre de 2018



SECCION: DIV. EST. POSGRADO
OFICIO No. W-324/2018

Chetumal, Q. Roo., 20 de noviembre 2018.

ASUNTO: Autorización de impresión.

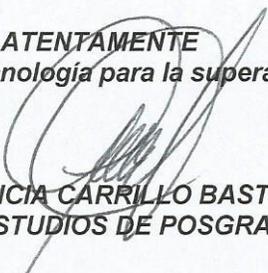
C. PEDRO ANTONIO CAUICH GERÓNIMO

De acuerdo a las Disposiciones para la Operación de Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México, dependiente de la Secretaría de Educación Pública, y habiendo cumplido con todas las indicaciones que el comité tutorial le hizo con respecto a su tesis titulada:

“VARIACIÓN DE LA MESOFAUNA EDÁFICA (ACARI Y COLLENBOLA) EN TRES ESPECIES DE MANGLAR EN EL MARGEN COSTERO DE LA CIUDAD DE CHETUMAL, Q.ROO”

La División a mi cargo le concede la autorización para que proceda a la impresión de la misma.

(R)

ATENTAMENTE
“Cultura Ciencia y Tecnología para la superación de México”

DRA. ALICIA CARRILLO BASTOS
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN


SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
CHETUMAL
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

C.c.p. Departamento de Servicios Escolares.
C.c.p. Minutario.
ACB/Gaby



Agradecimientos

A CONACyT

Al Instituto Tecnológico de Chetumal

A la Maestría en manejo de zona costera

Al Dr. Leopoldo Querubín Cutz Pool por su apoyo en la dirección de esta tesis, trabajo de campo y de laboratorio.

Al profesor Héctor Ortiz por permitir el procesamiento e identificación de las muestras en el laboratorio de Zoología.

Al Dr. Manuel Castro por su apoyo estadístico

Al Dr. Jorge Omar por su apoyo en la estancia.

A mis revisores Manuel Castro, Héctor Ortiz por su apoyo en la revisión de esta tesis.

A la bióloga Santa Clara Mendoza Alcantar, quien me apoyo en todo momento para alcanzar esta nueva meta.

Índice

Índice de Figuras.....	III
Índice de Tablas.....	VIII
Resumen.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Ecosistema de manglar.....	3
2.2. Mesofauna.....	7
2.2.1. Bioindicadores.....	9
3. ANTECEDENTES.....	11
4. JUSTIFICACIÓN.....	14
5. OBJETIVOS.....	16
5.1. Objetivo general.....	16
5.2. Objetivos específicos.....	16
6. ÁREA DE ESTUDIO.....	17
6.1. Localización del área de estudio.....	17
6.2. Descripción del área de estudio.....	19
6.2.1. Tipo de clima.....	19
6.2.2. Tipo de suelo.....	19
6.2.3. Hidrología.....	19
6.2.4. Vegetación.....	20
7. MÉTODO.....	21

7.1. Trabajo de campo.....	21
7.2. Trabajo de laboratorio.....	22
7.3. Análisis estadístico	23
7.3.1. Abundancia relativa (%)	23
7.3.2. Riqueza de taxones (S).....	24
7.3.3. Densidad (ind/m ²)	24
7.3.4. Índice de Bray-Curtis.....	24
7.3.5. Índice de Shannon-Wiener.....	25
7.3.6. Equidad de Pielou	27
7.3.7. Regresión simple.....	27
8. RESULTADOS.....	28
8.1 Abundancia y riqueza.....	29
8.2. Densidad.....	31
8.3. Similitud.....	32
8.4. Variación de la densidad.....	39
8.5. Diversidad y equidad.....	42
8.6. Relación de parámetros físico-químicos con la densidad.....	43
9. DISCUSIÓN.....	49
10. CONCLUSIÓN.....	55
11. LITERATURA CITADA.....	56
12. GLOSARIO.....	74
13. ANEXO.....	75

Índice de Figuras

Figura 1. Estructuras morfológicas del mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>). A) Árbol B) Hojas C) Fruto D) Flor	4
Figura 2. Estructuras morfológicas del mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>). A) Árbol B) Hojas C) Fruto D) Flor.....	4
Figura 3. Estructuras morfológicas del mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>). A) Árbol B) Hojas C) Fruto D) Flor.....	4
Figura 4. Estructuras morfológicas del mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>). A) Árbol B) Hojas C) Fruto D) Flor.Fig. Mapa de la república Mexicana ubicando al estado de Quintana Roo.....	5
Figura 5. Mapa de la república Mexicana ubicando al estado de Quintana Roo.....	17
Figura 6. Mapa del estado de Quintana Roo ubicando el margen costero de la ciudad de Chetumal con señalización de los tres sitios de muestreo en relación con tres especies de mangle.....	18
Figura 7. Núcleo extractor de muestra de suelo de 15x15 cm y bolsa de polietileno con muestra de suelo debidamente etiquetada.....	21
Figura 8. Método del embudo de Berlesse-Tullgren modificado utilizado para procesar las muestras procesadas.....	22

Figura 9. Representación proporcional de las abundancias de la mesofauna edáfica general muestreadas en los tres sitios con distintas especies de manglar.....	28
Figura 10. Distribución de la abundancia absoluta de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal.....	31
Figura 11. Dendograma de similitud de las densidades de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	32
Figura 12. Dendograma de similitud de las densidades del grupo Acari entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	33
Figura 13. Dendograma de similitud de las densidades del grupo Collembola entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	33
Figura 14. Dendograma de similitud de las densidades del Orden Oribatida entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	34
Figura 15. Dendograma de similitud de las densidades del Orden Mesostigmata entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	35
Figura 16. Dendograma de similitud de las densidades del Orden Prostigmata entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	35

Figura 17. Dendograma de similitud de las densidades del Orden Astigmata entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	36
Figura 18. Dendograma de similitud de las densidades del Orden Entomobryomorpha entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	37
Figura 19. Dendograma de similitud de las densidades del Orden Poduromorpha entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	37
Figura 20. Dendograma de similitud de las densidades del Orden Neelipleona entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	38
Figura 21. Dendograma de similitud de las densidades del Orden Shymphypleona entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	38
Figura 22. Análisis de varianza de la densidad de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).....	39
Figura 23. Análisis de varianza de la densidad de Acari con respecto al tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).....	40
Figura 24. Análisis de varianza de la densidad de Collembola por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).....	40

Figura 25. Análisis de varianza de la densidad de Oribatida por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).....	41
Figura 26. Análisis de varianza de la densidad de Entomobryomorpha por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).....	41
Figura 27. Análisis de varianza de la densidad de Poduromorpha por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).....	42
Figura 28. Correlación entre las densidades generales de los artrópodos de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) con el pH en el sitio con <i>Rhizophora mangle</i>	44
Figura 29. Correlación entre la densidad de Collembola con la temperatura en el sitio con <i>Conocarpus erectus</i>	44
Figura 30. Correlación entre la densidad de Collembola con la humedad en el mangle <i>Conocarpus erectus</i>	45
Figura 31. Correlación entre la densidad de Collembola con el pH en el sitio con <i>Rhizophora mangle</i>	45
Figura 32. Correlación entre la densidad de Oribatida con la temperatura en el sitio con <i>Conocarpus erectus</i>	46
Figura 33. Correlación entre la densidad de Symphypleona con la temperatura en el sitio con <i>Conocarpus erectus</i>	46
Figura 34. Correlación entre la densidad de Oribatida y la humedad en el sitio con <i>Conocarpus erectus</i>	47

Figura 35. Correlación entre la densidad de Symphypleona con la humedad en el sitio con *Conocarpus erectus*.....47

Figura 36. Correlación entre la densidad de Mesostigmata y el pH en el sitio con *Conocarpus erectus*.....48

Figura 37. Correlación entre la densidad de los ácaros Astigmata con el pH en el sitio con *Rhizophora mangle*.....48

Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenadas y especie de manglar de las zonas de muestreo.....	18
Tabla 2. Abundancia absoluta (total) de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	29
Tabla 3. Densidades de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de mangle en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.....	31
Tabla 4. Diferencias entre las diversidades en las tres especies de manglar, mediante la prueba <i>t</i> de student modificada. *Indica diferencia significativa....	43

Resumen

Se estudió la variación de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, ubicada al sur de Quintana Roo. Los objetivos fueron determinar la estructura de la comunidad de los ácaros y colémbolos, así como correlacionar sus densidades poblacionales con los parámetros ambientales del sitio, en donde se implementó para el trabajo de campo una serie de muestreos de suelo para la toma de datos, en donde se delimitaron tres sitios de muestreo con diferentes especies de manglar (*R. mangle*, *L. racemosa* y *C. erectus*). En cada sitio se realizó un transecto de 50 m de largo y se colectaron 6 muestras de suelo con una superficie de 15x15 cm (225 cm²), dejando una separación de 10 m entre cada muestra, cada mes durante 3 meses. Se determinó la estructura de la comunidad de ácaros y colémbolos en tres especies de mangle en el margen costero de la ciudad de Chetumal, donde se obtuvo la composición faunística durante el periodo de secas en los meses de marzo, abril y mayo del 2017, integrada por 1,856 organismos, identificados en dos clases y ocho Órdenes. Se obtuvo un efecto significativo de la variación de la densidad de la mesofauna edáfica por especie de mangle, mostrando como la mesofauna edáfica está condicionada a los diferentes tipos de vegetación. Además, se presentó el mayor índice de diversidad y equidad en el mangle blanco. Finalmente, la mesofauna edáfica presentó una correlación con los factores físicos y químicos del suelo, determinando su estructura comunitaria de acuerdo a cada tipo de mangle. De tal manera que, la presencia de la especie de mangle, las propiedades del suelo en cada sitio de la recolecta, tales como temperatura, humedad y pH, parecen afectar a la composición y abundancia de las comunidades de Ácaros y Colémbolos.

1. INTRODUCCIÓN

Los manglares forman un ecosistema con características singulares debido a su condición de ecotono (Duke et al. 1998; Aburto-Oropeza et al. 2008), por lo que brindan refugio a organismos como hongos (Kathiresan y Bingham 2001), bacterias (Twilley et al. 1996), plantas y animales (Meades et al. 2002; Castaño-Meneses 2012; García-Gómez et al. 2014) de hábitat tanto terrestre como marino, de este modo se crea una gran interacción ecológica entre los organismos, que se traduce en la formación de una amplia cadena trófica (Nagelkerken et al. 2008).

Los artrópodos categorizados como mesofauna, son clasificados según su tamaño que va de 0.1 mm a 2 mm de longitud que incluye larvas de dípteros, coleópteros pequeños, colémbolos y ácaros entre otros (Socarras 2013; Socarras y Robaina 2011; Palacios-Vargas et al. 2014). Sin embargo, los colémbolos y ácaros son los grupos principales que constituyen la biota del suelo debido a que presentan una elevada abundancia y que pasan todo su ciclo vital en el suelo (García-Álvarez y Bello 2004; López-Chan et al. 2014; Pérez-Pech y Cutz-Pool 2015).

Los ácaros y colémbolos tienen una gran importancia ecológica porque presentan un importante papel en el funcionamiento del suelo, debido a que participan en la formación del detritus en interacción con la microflora, enriqueciendo al suelo con materia inorgánica (ejemplo, fósforo y nitrógeno), de este modo siendo parte clave en los ciclos biogeoquímicos (Seastedt 1984; Culliney, 2013; Palacios-Vargas et al. 2014; Yang et al. 2017).

La composición y distribución de la mesofauna del suelo, presenta cambios en relación con diversos factores abióticos como la temperatura, humedad, pH, salinidad

etc. (Ndaro y Ólafsson 1999; Proches et al. 2001; Cutz-Pool y Vázquez-González 2012; Javier-Matos 2014, 2016; Tome-Reyna et al. 2015; Yang et al. 2017).

En este estudio se pretende analizar la variación de la comunidad de ácaros y colémbolos, en relación a factores abióticos y en función a la espacialidad de tres especies de mangle en el margen costero de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. El interés de llevar a cabo este estudio, radica en proporcionar información sobre el ensamblaje de la comunidad de ácaros y colémbolos con el ecosistema de manglar, para tener un panorama que permita el manejo de este recurso natural, además, se eligió la bahía de Chetumal por presentar tres especies de mangle, característica principal para conocer el ensamblaje de la mesofauna edáfica con dicho ecosistema.

2. MARCO TEORICO

2.1. ECOSISTEMA DE MANGLAR

Los manglares son uno de los ecosistemas tropicales más importantes por su productividad primaria, su área de crianza, alimentación y protección de numerosas especies de interés comercial (Hernández-Alcántara y Solís-Weiss 1995), además proveen diversos servicios ambientales que incluso comparando con otros ecosistemas a nivel mundial son los mejores filtros biológicos de aguas contaminadas (Costanza et al. 1997; CONABIO 2009, 2017; Hernández-Félix et al. 2017). Un mangle es un árbol que cuando se agrupan se denominan manglares, estos se encuentran en la interfase de la zona terrestre y marina (Odum 1971; Odum y Heald 1972).

Varios autores han caracterizado y definido una zonificación en los manglares, denominándolos manglares de tipo franja, dicha zonificación consiste en presentar *Rhizophora mangle* (mangle; rojo: Fig. 1.) en el borde, estando expuesto a inundaciones, seguido de *Avicennia germinans* (mangle; negro: Fig. 2.) y *Laguncularia racemosa* (mangle; blanco: Fig. 3.) con menor exposición a inundaciones pero con mayores niveles de salinidad y al final *Conocarpus erectus* (mangle; botoncillo: Fig. 4.) situándose a una distancia más lejana al margen costero (Jiménez 1994; CONABIO 2009, 2017; Sánchez-Sánchez et al. 2009).



Figura 1. Estructuras morfológicas del mangle rojo (*Rhizophora mangle*). A) Árbol B) Hojas C) Fruto D) Flor.

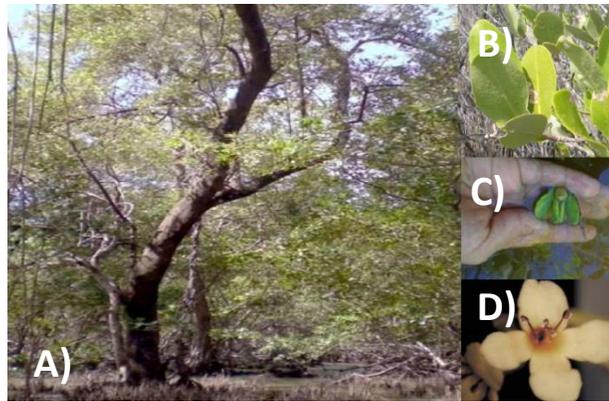


Figura 2. Estructuras morfológicas del mangle negro (*Avicennia germinans*). A) Árbol B) Hojas C) Fruto D) Flor.

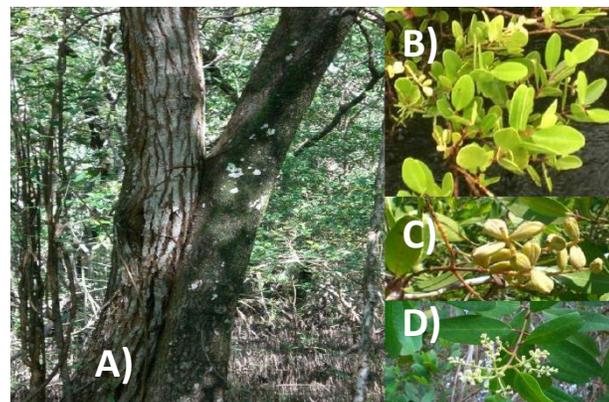


Figura 3. Estructuras morfológicas del mangle blanco (*Laguncularia racemosa*). A) Árbol B) Hojas C) Fruto D) Flor.

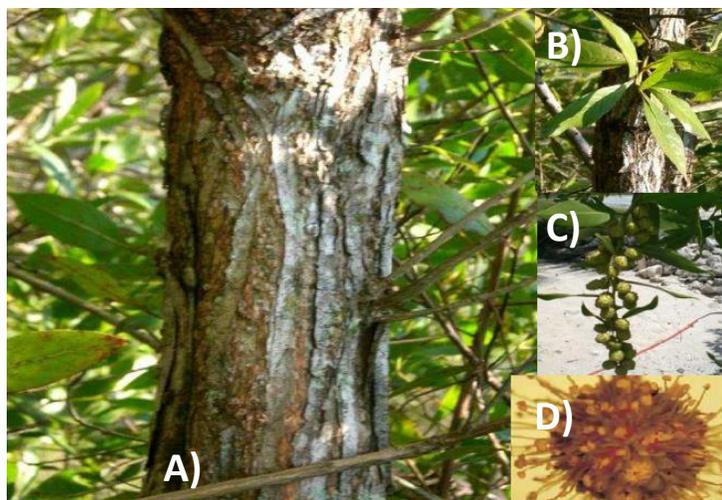


Figura 4. Estructuras morfológicas del mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). A) Árbol B) Hojas C) Fruto D) Flor.

Esta zonificación en el ecosistema de manglar no se cumple en muchos lugares debido a que su ubicación, estructura y funcionamiento está íntimamente relacionado con la conjugación de parámetros físicos, químicos y biológicos que los influyen a diferentes escalas espacio-temporales, por ejemplo, temperatura, lluvia, ríos, inundación, radiación solar, salinidad, topografía, vientos, tormentas, huracanes, dispersión de propágulos en función de su peso e interacciones fauna-vegetación (Twilley 1995; Ravinowitz 1978).

Existen sitios con mayor inundación lo que permite el establecimiento de mangle rojo, mientras que en sitios con menor inundación y por ende de mayor salinidad favorece el desarrollo de mangle negro y blanco (Jiménez 1994; Sánchez-Sánchez et al. 2009). Además, en términos de productividad la producción primaria del manglar se convierte en sustrato edáfico, permitiendo el desarrollo de una gran diversidad de microorganismos como los ácaros y colémbolos, que propician la

descomposición y valor nutritivo del suelo (Jiménez 1994; Hazra et al. 2005; García-Gómez et al. 2014; Cutz-Pool et al. 2017; Vázquez-González y Ramos-Rivera 2017).

Por otra parte, la alta producción de hojarasca es el servicio ambiental más importante de las comunidades de manglar (López-Medellin y Ezcurra 2012; Agraz-Hernández et al. 2018), por lo que son caracterizados por una alta productividad, alta biomasa y su rápida descomposición de hojarasca comparados con ecosistemas terrestres (Twilley et al. 1986; Saenger y Snedaker 1993; Mohamed et al. 2008; Chan-Keb et al. 2018). La biomasa se determina a partir de la hojarasca, ya que la productividad de hojarasca neta se convierte en hojas, flores, fruto y estípulas, que eventualmente caen al suelo, y este flujo de materia orgánica representa uno de los más importantes aportes del manglar a las cadenas alimentarias (Cintrón y Schaeffer-Novelli 1983; Yañez-Arancibia et al. 2014; Ruiz-Fernández et al. 2017).

El desarrollo antrópico hacia la zona costera ha aumentado en los últimos años, lo que ha alterado el equilibrio entre las entradas de agua dulce y salada, flujo, nivel de las mareas y la calidad del agua; esto aumenta las zonas áridas, en donde la evaporación supera a la precipitación provocando la salinización del suelo, deterioro y muerte del manglar (Pozo 2011). La falta de reconocimiento de la importancia ecológica, económica y social de los manglares, ha llevado a la pérdida de los servicios ambientales que estos ecosistemas proveen, como prevenir la erosión del suelo y las playas, proveer hábitat a fauna silvestre, proteger la línea de costa de tormentas, oleaje e inundaciones, y permitir actividades recreativas (UNEP-WCMC 2006; Yañez-Arancibia et al. 2014; CONABIO 2016, 2017), por lo que se deben realizar más estudios ecológicos para el manejo adecuado de este primordial ecosistema.

En México, existen varios estudios sobre el ecosistema de manglar enfocados sobre la producción de hojarasca, principalmente concentrados en el estado de Yucatán (Agraz et al. 2011; Alongi 2011; López-Hernández 2013; Adame et al. 2014), debido a que la península de Yucatán tiene más del 50% de la cobertura de manglares en el país (Herrera et al. 2009; Agraz et al. 2011), sin embargo el estado de Yucatán es el que posee menor superficie de manglar en la península con un 12.9%, mientras que el estado de Quintana Roo y Campeche presentan la mayor superficie de manglar con un 42.1% (CONABIO 2009; 2016 y 2017), por lo que es clara la necesidad de llevar a cabo estudios ecológicos sobre el ecosistema de manglar en el estado de Quintana Roo.

Además existen estudios ecológicos realizados sobre el ecosistema de manglar en el Pacífico (López y Ezcurra 2012; Mendoza-Morales et al. 2016; Felix-Pico et al. 2006) y en el Golfo de México (Aké-Castillo et al. 2006; López-Portillo y Ezcurra 1985; Rico y Lot 1983), pero en el Caribe en donde se encuentra el estado de Quintana Roo, segundo estado con mayor superficie de manglar en el país (19.9%), presenta un número limitado de estudios ecológicos en el ecosistema de manglar, por ejemplo casi no se han realizado estudios para conocer la estructura y composición del manglar en la región, ni tampoco de su biodiversidad que alberga, como en el caso de la biota del suelo, incluso aunque sea un grupo muy relevante para dicho ecosistema (López-portillo et al. 2002; Castaño-Meneses 2012; Garcia-Gómez et al 2014; Vázquez-González et al. 2017).

2.2. MESOFAUNA

Los artrópodos categorizados como mesofauna, son clasificados según su tamaño que va de 0.1 mm a 2 mm e incluye larvas de dípteros, coleópteros pequeños pero principalmente los grupos de colémbolos y ácaros (Socarras y Robaina 2011; Socarras 2013; Palacios-Vargas et al. 2014; Pérez-Pech y Cutz-Pool 2015).

Los ácaros y colémbolos son organismos que miden menos de 2mm de longitud, son habitantes bien representativos del suelo debido a que pasan todo su ciclo biológico en el suelo, son panfitófagos por lo que se alimentan tanto de materia vegetal muerta como también de hongos, bacterias y algas (Palacios-Vargas y Vidal-Acosta 1994; Palacios-Vargas y Mejia-Recamier 2007; Cutz-Pool y Vázquez-González 2012). Los colémbolos son similares a los insectos debido a que presentan cabeza, torác y abdomen, tres pares de patas y un par de antenas con cuatro artejos, sin embargo, pertenecen a distintas clases. Su particularidad es que poseen una estructura debajo del abdomen denominada furca o fúrcula, aunque en algunas especies de suelos profundos y de cavernas dicha estructura se ha perdido o degenerado (Cutz-Pool y Vázquez-González 2012). Los ácaros presentan cuerpo no segmentado y fusionado denominado idiosoma, además están caracterizados por poseer una estructura anterior, denominada gnatosoma, compuesta por las piezas bucales. La forma puede ser muy variada y puede estar poco o muy esclerotizado (Ribera et al. 2015).

Los ácaros y colémbolos tienen una amplia distribución por lo que se pueden encontrar en ecosistemas muy diversos (Hopkin 1997), como en desiertos (Vázquez-González 2008; Cepeda y Whitford 1990), sobre la superficie del agua de lagos,

lagunas y charcas temporales (Palacios-Vargas et al. 2000a), en playas y dunas costeras (Cutz-Pool et al. 2015a), a nivel del mar (Prieto-Trueba et al. 1999), hasta más de 4000 msnm (Cepeda 2006), musgos (Etchegaray et al. 1977; Cutz-Pool et al. 2008, 2010), en el ecosistema de manglar (Beaver y Browne 1975; Vázquez-González 2008, García-Gómez et al. 2014), en el dosel de las selvas, bosques lluviosos e incluso en conchas de cangrejos ermitaños (Palacios-Vargas et al. 2000a, b). En el estado de Quintana Roo, también se distribuyen en una gran diversidad de biotopos, se han encontrado en epifitas, troncos en descomposición, hojarasca, sobre la superficie de riachuelos, en guano de cuevas, en arena de playas de Cancún, en manglares, en el interior de las conchas de cangrejos ermitaños (Palacios-Vargas et al. 2000b; Vázquez-González 2008), en el litoral de Chetumal y en selvas forestales (Cutz-Pool et al. 2003, 2010, 2015).

2.2.1. BIOINDICADORES

Actualmente, ha sido necesario para el cuidado del ambiente no solo monitorear y evaluar la calidad de aguas, sino también se ha producido un notable interés y aumento en la identificación de indicadores válidos para evaluar la calidad del suelo de una forma eficiente, rápida y económica (Doran et al. 1994), buscando para ello organismos indicadores del medio edáfico (Linden et al. 1994; Paoletti y Bressan 1996; Gergógs y Hufnagel 2009; Uribe et al. 2010; Socarras 2013; Palacios-Vargas et al. 2014).

En este sentido, según Çilgi (1994), existen una serie de condiciones que deberían cumplir todas aquellas especies de artrópodos para que sean considerados como buenos indicadores:

- El bioindicador debe estar bien distribuido y ser relativamente abundante en el ecosistema.
- Su muestreo e identificación debe ser fácil de llevar a cabo.
- Debe ser residente habitual o permanente del medio que habita o pasar gran parte de su ciclo vital en el mismo, principalmente cuando tiene lugar el impacto.
- Debe ser de movilidad reducida de manera que se puedan realizar seguimientos a largo plazo.
- Debe ser susceptible a los efectos potenciales que pudiera tener el impacto.
- Debe jugar un papel importante en el ecosistema al que pertenecen.
- Debe ser fácilmente cultivable y de experimentar en el laboratorio.

Por lo tanto, varios autores como Ndaró y Ólafsson (1999), Proches et al. (2001), Cutz-Pool et al. (2003; 2012), Javier-Matos (2014, 2016), Tome-Reyna et al. (2015), Yang et al. (2017) entre otros, han manifestado la relación que existe entre las comunidades de ácaros y colémbolos en función con distintos niveles de modificación del medio edáfico influyendo directamente con el desarrollo del ecosistema edáfico, constituyendo a las comunidades de ácaros y colémbolos como buenos Bioindicadores (Palacios-Vargas y Castaño-Meneses 2014; Gergócs y Hufnagel 2009; Tome-Reyna et al. 2015).

3. ANTECEDENTES

Socarrás y Rodríguez (2001), mostraron el impacto de los métodos de agricultura orgánica en la mesofauna edáfica de tres áreas dedicadas a pasto, forraje y cultivo en La Habana, Cuba. En otro estudio realizado también en Cuba, González Cairo et al. (2003) evaluaron la influencia de la cobertura vegetal sobre los integrantes de la mesofauna (Acari y Collembola) del suelo. Los microartrópodos los extrajeron por el método de embudos Berlese-Tullgren. Concluyeron que la carencia de cobertura vegetal hace decrecer de forma significativa las densidades de Acari y Collembola. Además, Prieto Trueba et al. (2005) compararon la mesofauna en dos áreas de un bosque semidecíduo situado en la Reserva Ecológica de Bacunayagua, Matanzas, Cuba. Los organismos los extrajeron por el método de los embudos Berlese. Concluyeron que el grupo Acari y Collembola fueron numéricamente dominantes en todos los sitios de muestreo. La lista de estudios realizados sobre mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en otros países como Cuba y Argentina entre otros (Socarrás y Robaina 2011; Socarrás 2013; Accattoli y Martínez 2012) es muy extensa como el de Pommeresche y Anne-Kristin (2014), llevaron a cabo un estudio denominado “La diversidad y la densidad de colimbo (Collembola) en una hierba orgánica de trébol en la granja experimental de Ley en el noroeste de Noruega” durante 2011-2012.

En México existen pocos estudios realizados sobre artrópodos de mesofauna (García-Gómez et al. 2014), entre ellos está un estudio realizado por Bernal Rojas et al. (2009), en el que compararon las comunidades de ácaros y colémbolos en tres parcelas con diferentes usos del suelo, dentro de una plantación de café ubicado en

Santa María Huatulco, estado de Oaxaca, México. Sin embargo, pocos de ellos existen para el estado de Quintana Roo como los de Cutz-Pool et al. (2010, 2011, 2012b, 2017), López-Chan et al. (2014), Javier-Matos (2014, 2016); Pérez-Pech y Cutz-Pool (2015) que presentaron estudios taxonómicos y ecológicos sobre algún grupo de artrópodos de mesofauna, por ejemplo Cutz-Pool y Vázquez-González (2012) presentaron información general sobre la morfología de los colémbolos presentes en el estado de Quintana Roo, así como la revisión bibliográfica de los estudios sobre el grupo en esta parte de la geografía mexicana, además proporcionaron información sobre los posibles hábitats que ocupan, así como algunos aspectos de su distribución estatal. También, trataron temas incipientes como el posible carácter bioindicador de la calidad del ambiente que pueden tener algunas especies de colémbolos (Cutz-Pool et al. 2003). Otro ejemplo es el de Tome-Reyna et al. (2015), quienes dieron a conocer la variación espacial y temporal de ácaros oribátidos en litorales de la Bahía de Chetumal. El muestreo se llevó a cabo en las épocas de lluvias (agosto, septiembre y octubre) y secas (febrero, marzo y abril). Registraron 964 individuos; agrupados en 13 familias y 26 géneros. Demostraron que la temporada de lluvias tuvo la mayor abundancia y diversidad de ácaros y que existe una variación espacial en la densidad de los ácaros oribátidos. En otro estudio realizado en Xcalak, Castaño-Meneses (2012) estudió la mirmecofauna en parcelas sin impacto antropogénico evidente donde domina el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) durante febrero de 2010.

Enfocados en el norte del estado de Quintana Roo Vázquez-González (2012; 2017) presenta una propuesta para conocer la riqueza de especies, la biodiversidad y la abundancia de ácaros, colémbolos, proturos, dipluros y hormigas edáficas de 3

asociaciones vegetales (dunas costeras, manglares y selva mediana subcaducifolia) de la Isla de Cozumel, Quintana Roo.

También García-Gómez et al. (2014) realizaron un estudio sobre la diversidad de artrópodos de mesofauna en manglar en la zona de Punta Sur dentro del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel en el sur de México. Donde se seleccionaron dos áreas de manglares para el muestreo, dominado por mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle negro (*Avicennia nítida*), respectivamente. La variación se analizó en el nivel de Orden. Registró un total de 90,680 artrópodos pertenecientes a 30 taxones durante el estudio.

4. JUSTIFICACIÓN

A pesar de que la mesofauna edáfica tiene un gran papel en el funcionamiento del suelo, ya que participa en la formación del detritus en interacción con la microflora, enriqueciendo al suelo con materia inorgánica (ejemplo, fósforo y nitrógeno), de este modo siendo clave en los ciclos biogeoquímicos (Seastedt 1984; Palacios-Vargas et al. 2014), existen pocos estudios realizados sobre el funcionamiento ecológico de la fauna del suelo (Cortet et al. 2003; Yang et al. 2017).

Enfocados a la zona costera el panorama es todavía muy incipiente, debido a que es mínima la información sobre mesofauna edáfica (Karasawa y Hijii 2004; Lopez-Chan et al. 2014), por ejemplo, en México existen pocos trabajos sobre artrópodos de mesofauna de litoral (Thibaud y Palacios-Vargas 2000, 2001; Vázquez-González 2008; Javier-Matos, 2014, 2016) al igual que estudios ecológicos de manglares (Dejean et al. 2003; Castaño-Meneses 2012; Tome-Reyna et al. 2015).

La mayoría de los estudios de artrópodos realizados en el ecosistema de manglar están enfocados en grupos de artrópodos como las hormigas, larvas de dípteros, coleópteros, termitas, copépodos etc. (Twilley et al. 1996; Proches et al. 2001; Nagelkerken et al. 2008; Castaño-Meneses 2012; Marín-Zamora et al. 2013; Cutz-Pool et al. 2017). Sin embargo, enfocados en el medio edáfico del manglar existen pocos estudios de los principales grupos de artrópodos que constituyen la mesofauna edáfica como son los ácaros y colémbolos.

Para una zona sumamente productiva y prioritaria en su conservación como los manglares, es indispensable llevar a cabo estudios ecológicos que proporcionen información sobre el ensamblaje de la mesofauna edáfica con el ecosistema de

manglar, para tener un panorama que permita el manejo de este recurso natural, por lo que propongo analizar la variación de la comunidad de artrópodos de mesofauna edáfica, en relación a factores abióticos y en función a la espacialidad de tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la estructura de la comunidad de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de mangle (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener la composición de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de mangle.
- Conocer el arreglo espacial de la fauna edáfica (Acari y Collembola) a través del índice de similitud de Bray-Curtis en las tres especies de mangle.
- Obtener y analizar la diversidad de Shannon-Wiener y equidad de Pielou.
- Relacionar la mesofauna edáfica con las características físicas (temperatura y humedad) y químicas (pH) del suelo de cada especie de mangle.

6. ÁREA DE ESTUDIO

6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo, México (Fig. 5), en donde se delimitaron tres zonas de muestreo en el ecosistema de manglar (Fig. 6), ubicadas con las coordenadas geográficas 18°29'35.97" latitud Norte y 88°18'11.90" longitud Oeste para la zona sur (Parque del Renacimiento) con predominancia de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), 18°29'56.98" latitud Norte y 88°17'13.09" longitud Oeste para la zona centro (Mega Escultura) con predominancia de mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), 18°30'47.38" latitud Norte y 88°16'34.40" longitud Oeste para la zona norte (Club Campestre) con predominancia de mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Tabla 1.)



Figura 5. Mapa de la república Mexicana ubicando al estado de Quintana Roo.



Figura 6. Mapa del estado de Quintana Roo ubicando el margen costero de la ciudad de Chetumal con señalización de los tres sitios de muestreo en relación con tres especies de mangle.

Tabla 1. Coordenadas y especie de manglar de las zonas de muestreo

ESPECIE DE MANGLAR	COORDENADAS
Mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>)	18°29'35.97" Latitud Norte 88°18'11.90" Longitud Oeste
Mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>)	18°29'56.98" Latitud Norte 88°17'13.09" Longitud Oeste
Mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>)	18°30'47.38" Latitud Norte 88°16'34.40" Longitud Oeste

6.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

6.2.1 TIPO DE CLIMA

Las características climáticas de la bahía de Chetumal corresponden a las de una región tropical, específicamente presenta un clima Aw1 que corresponde a un cálido subhúmedo con lluvias en verano, con poca oscilación térmica entre 5 y 7°C con presencia de canícula o sequía de medio de verano; marcha de la temperatura tipo Ganges, lo que significa que el mes más cálido se presenta antes del Solsticio de Verano (antes de Junio) de acuerdo al sistema de clasificación climática de Koeppen modificado por Garcia E. (1995), con una temperatura media anual de 25.5°C y una precipitación pluvial anual de 1260 mm (García 1995; Carrillo et al. 2009).

6.2.2 TIPO DE SUELO

La evolución geológica y tectónica de la Península está estrechamente ligada a la evolución del Golfo de México y del Caribe y el relieve de la península está constituido como una unidad mayor de tipo planicie estructural que corresponde a una capa caliza casi horizontal que se dispone fundamentalmente en la porción septentrional de la península y está representada con una unidad menor como marginal a la costa, a altura media – baja, en función de la altura sobre el nivel del mar <30m (Hubp y García 1999; Rebolledo-Vieyra 2009).

6.2.3 HIDROLOGÍA

La bahía de Chetumal forma parte de la placa caliza que constituye la península de Yucatán, a su vez, la península de Yucatán forma parte de la Placa Norteamericana, además, la bahía de Chetumal es una de las más extensas de México, que se encuentra ubicada en la zona sureste de la península de Yucatán, y

es compartida geográfica y políticamente por México y Belice; es un cuerpo de agua semi-cerrado que se encuentra comunicado al Mar Caribe en su porción sureste por medio de una boca de aproximadamente 20 km de ancho, la cual está protegida por arrecifes y cayos, además al suroeste, se localiza el único río del estado de Quintana Roo, que es el Río hondo que sirve de frontera natural entre nuestro país y Belice con una longitud aproximada de 160 km y una profundidad media de 10 metros con anchura media de 50 mts., el fondo está compuesto por una amalgama de sustrato lodoso con piedras y desemboca en la bahía (Gómez 1999; Rebolledo-Vieyra 2009; Carrillo et al. 2009).

6.2.4 VEGETACIÓN

La vegetación que se encuentra en la Bahía de Chetumal son los manglares de tipo franja, de acuerdo al criterio fisonómico, el principal y dominante es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), en las partes más alejadas de la costa se encuentran especies como el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y acompañantes de estos manglares es el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), este último se encuentra tanto en suelo inundables y de menor salinidad, como en tierra firme, sin embargo pueden existir excepciones; otro tipo de ecosistema que presenta es de tipo selva mediana subperennifolia, que ocupa la mayor extensión en la península de Yucatán y está caracterizada por presentar especies de árboles grandes que alcanzan una altura entre 15 y 25m, además el 25% de las especies tiran sus hojas durante la época de sequía (García 1999; Sánchez-Sánchez et al. 2009, 2011).

7. MÉTODO

7.1 TRABAJO DE CAMPO

En el trabajo de campo se llevó a cabo una serie de muestreos de suelo para la toma de datos, se delimitaron tres zonas de muestreo con diferentes especies de manglar (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*). En cada una de las zonas se realizó un transecto de 50 m y se colectaron 6 muestras de suelo con una superficie de 15x15 cm (225 cm²) (Fig. 7.), dejando una separación de 10 m entre cada muestra, cada mes durante 3 meses (marzo, abril y mayo de 2017).

Cada muestra se depositó en bolsa de plástico (Fig. 7.) con etiquetas en la que se registró la fecha y los datos del sitio de la colecta (Alamilla et al. 2012; Vázquez 2009; Palacios-Vargas y Mejia-Recamier 2007). Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Zoología del Instituto Tecnológico de Chetumal en donde se procesaron.



Figura 7. Núcleo extractor de muestra de suelo de 15x15 cm y bolsa de polietileno con muestra de suelo debidamente etiquetada.

7.2 TRABAJO DE LABORATORIO

Para la extracción de los artrópodos de mesofauna edáfica, las muestras fueron colocadas en embudos de Berlese sin fuente de luz (Fig. 8.), durante siete días, logrando que los organismos de la muestra bajen por las paredes del embudo, evitando la resequedad de la muestra o huyendo de la luz y posteriormente caer hacia el frasco colector. Los principios biológicos que se utilizan en los embudos de Berlese son: Fototropismo negativo y geotropismo positivo, los cuales presentan los organismos edáficos (Vázquez 2012; Palacios-Vargas y Mejia-Recamier 2007). En la parte inferior del tubo se colocó un recipiente con alcohol al 70% donde fueron cayendo los organismos.



Figura 8. Método del embudo de Berlesse-Tullgren modificado utilizado para procesar las muestras procesadas.

Los organismos colectados se identificaron a nivel de Orden, con ayuda del microscopio estereoscópico, ayuda de expertos y guías taxonómicas (Gaviño et al. 1972; Ross 1973; Chinery 1977; Balog y Balog 1988; Norton 1990; Hopkin 1997; Bellinger et al. 1996-2017).

7.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se consideraron las abundancias y densidades de los organismos identificados a nivel de Orden. La distribución de los datos de abundancia y densidad fueron normalizados con la corrección estadística $\sqrt{(x + 0.5)}$ (Zar 2010). Se calcularon las abundancias relativas (%), las densidades (ind/m²), se empleó ANOVA para la comparación entre las tres zonas de muestreo, índice de Bray-Curtis, índice de diversidad de Shanon (H'), equidad de Pielou (J') y regresión simple. Se emplearon los programas estadísticos: Statgraphics, Primer 6 y PAST.

7.3.1. Abundancia relativa (%)

Número total de individuos que presenta cada taxa dividido entre el total de los individuos presentes

$$Abundancia\ relativa = \frac{n}{N} \times 100$$

Donde:

n = total de individuos que presenta cada taxa

N = total de los individuos presentes

7.3.2. Riqueza de taxones (S)

Número total de taxones obtenido por un censo de la comunidad.

7.3.3. Densidad (ind/m²)

Es el número de organismos por unidad de área.

7.3.3.1. ANOVA

Para determinar si existe diferencia significativa entre las densidades de los Órdenes de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) de las tres zonas de muestreo, se realizó un análisis paramétrico de varianza de una vía (ANOVA).

7.3.4. Índice de Bray-Curtis

El índice de Bray y Curtis (1975), es uno de los más ampliamente utilizados en la ecología cuantitativa actual y sus expresiones de similitud y disimilitud son:

$$S_{jk} = 2 \frac{\sum \min(X_{ij}, X_{ik})}{\sum (X_{ij} + X_{ik})}$$

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

Donde:

S_{ji}=similitud.

D_{jk}=disimilitud.

i= número de atributos.

X_{ij}, X_{ik}= valores del i-ésimo atributo para cualquier par de muestras.

$|X_{ij}-X_{ik}|$ = esta fórmula indica que el valor de la diferencia es siempre positiva.

La expresión de disimilitud es la más empleada, y concede aún un importante peso a los altos valores ya que en su expresión el numerador incluye la diferencia entre los atributos. Sin embargo, dado que la sumatoria de las diferencias no se eleva al cuadrado y posteriormente se divide entre la sumatoria de las sumas individuales, este índice es una opción menos sesgada que la distancia euclidiana (Herrera-Moreno 2000).

7.3.5. Índice de Shannon-Wiener

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno 2001).

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

Donde:

p_i = abundancia relativa de la especie i

Para corroborar la existencia de una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de diversidad obtenidas con el índice de Shannon-Weiner, Se

realizó una prueba de t modificada usando el procedimiento propuesto por Hutcheson (1970) (en Magurran 1988, Zar 2010).

Índice de diversidad ponderado

$$H_p = \frac{(N \log N) - (\sum f_i \log f_i)}{N}$$

Donde:

f_i = frecuencia (número de individuos) registrado para la especie i

Varianza del índice ponderado H_p

$$var = \frac{[(\sum f_i \log^2 f_i) - \{(\sum f_i \log f_i)^2 / N\}]}{N^2}$$

Diferencia de varianzas

$$Dvar = \sqrt{(var_1 + var_2)}$$

Valor de t

$$t = \frac{(Hp^1 - Hp^2)}{Dvar}$$

E. Grados de libertad asociados a valor de t

$$g.l = \frac{(var^1 + var^2)^2}{\left[\left(\frac{var^1}{N^1}\right) + \left(\frac{var^2}{N^2}\right)\right]}$$

7.3.6. Equidad de Pielou

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada (Moreno 2001). Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1988).

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

Donde:

$$H' \max = \ln (S).$$

7.3.7. Regresión lineal

En algunos casos la naturaleza de las variables permite suponer que existe relación de dependencia entre ellas, es decir, que los valores de una variable Y (variable dependiente) están influidos por los valores de otra variable X (variable independiente). En el caso en que pueda suponerse una relación lineal de dependencia, ésta podrá sintetizarse mediante un modelo de regresión (Zar 2010).

8. RESULTADOS

Los artrópodos de la mesofauna edáfica en general presentes en tres sitios con distintas especies de mangle en el margen costero de la ciudad de Chetumal estuvieron integrados por 15 Órdenes (Figura 9; Tabla 2).

Sin embargo, enfocados en los dos grupos principales que constituyen a los artrópodos de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) presentes en tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal solo estuvieron integrados por ocho Órdenes (Tabla 2; ANEXO), que representan el 70% de todos los artrópodos recolectados en este estudio.

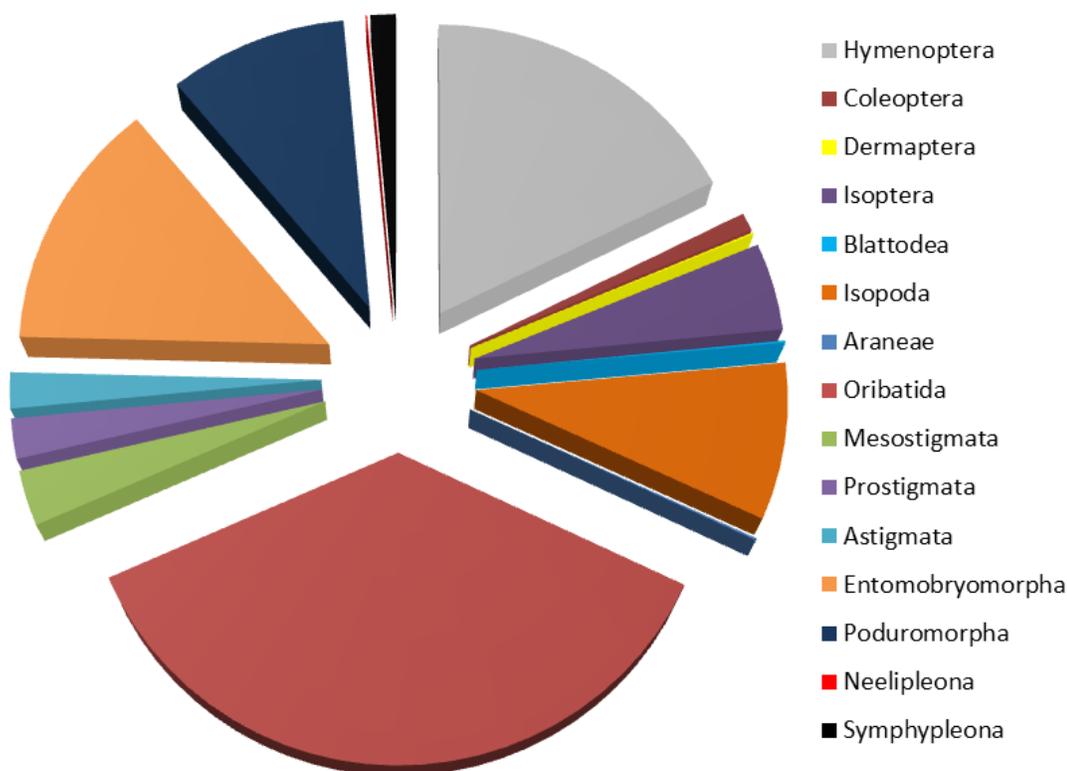


Figura 9. Representación proporcional de las abundancias de la mesofauna edáfica general muestreadas en los tres sitios con distintas especies de manglar.

Tabla 2. Abundancia absoluta (total) de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de mangle en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

ORDEN	<i>Rhizophora</i>	<i>Laguncularia</i>	<i>Conocarpus</i>	TOTAL
	<i>mangle</i>	<i>racemosa</i>	<i>erectus</i>	
Oribatida	865	69	57	991
Mesostigmata	53	18	10	81
Prostigmata	24	2	33	59
Astigmata	38	8	7	53
Total de ácaros	980	97	107	1184
Entomobryomorpha	15	5	351	371
Poduromorpha	3	8	251	262
Neelipleona	2	0	0	2
Symphyleona	19	6	12	37
Total de colémbolos	39	19	614	672
TOTAL	1019	116	721	1856
Shannon H'	0.96	1.91	1.77	
Equidad J'	0.32	0.68	0.63	

8.1 ABUNDANCIA Y RIQUEZA

La abundancia de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) presentes en tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal fue de 1856 individuos, identificados en ocho Órdenes. Distribuidos de la siguiente manera:

En el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) se obtuvo la mayor abundancia (Fig. 10) con 1019 individuos y una riqueza de 8 Órdenes, siendo el grupo Acari con 980 individuos los más abundantes, dentro del grupo Acari el más abundante fue el Orden Oribatida con 865 individuos, seguido de Mesostigmata con 53 individuos, Astigmata con 38 y Prostigmata con 24 individuos (Fig. 10). Por otro lado, el grupo

Collembola presento la menor abundancia con 39 individuos en total, siendo Symphypleona el Orden más abundante con 19 individuos, seguido por Entomobryomorpha con 15 individuos, Poduromorpha y Neelipleona con 3 y 2 individuos respectivamente.

Los manglares con menor abundancia fueron el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) con 116 y 721 individuos respectivamente y una riqueza de siete Órdenes para ambas especies de mangle (Tabla 2), siendo para el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) el Orden Oribatida con 69 individuos el más abundante perteneciente al grupo Acari con 97 individuos, presentando similitud con el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), debido a que presentan mayores abundancias en el grupo Acari, sin embargo contrasta con el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) en donde el grupo Collembola presento la mayor abundancia con 614 individuos, siendo el Orden Entomobryomorpha con 351 individuos el más abundante seguido por los Órdenes Poduromorpha y Symphypleona con 251 y 12 respectivamente (Tabla 2, Fig. 10).

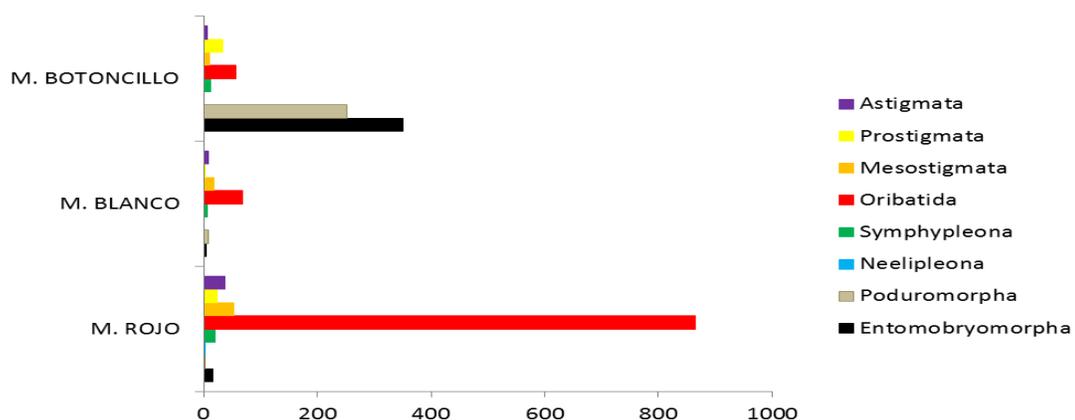


Figura 10. Distribución de la abundancia absoluta de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal.

8.2 DENSIDAD

La densidad total de los artrópodos de mesofauna edáfica (Acari y Collembola) fue de 1527.57 ind/m². La mayor densidad se obtuvo en el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con 2516.05 ind/m², mientras que la menor densidad se registró en el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) con 286.42 ind/m². La mayor densidad del grupo Acari se obtuvo en el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con 2419.75 ind/m², mientras que la mayor densidad del grupo Collembola se obtuvo en el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) con 1516.05 ind/m² (Tabla 3).

Tabla 3. Densidades de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de mangle en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

	<i>Rhizophora</i>	<i>Laguncularia</i>	<i>Conocarpus</i>	Densidad
Mesofauna edáfica	<i>mangle</i>	<i>racemosa</i>	<i>erectus</i>	Total
	(ind/m ²)	(ind/m ²)	(ind/m ²)	(ind/m ²)
(Acari y Collembola)	2516.05	286.42	1516.05	1527.57

8.3 SIMILITUD

La mayor similitud entre la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de manglar se encontró entre el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) debido a que comparten densidades y taxas (Fig. 11).

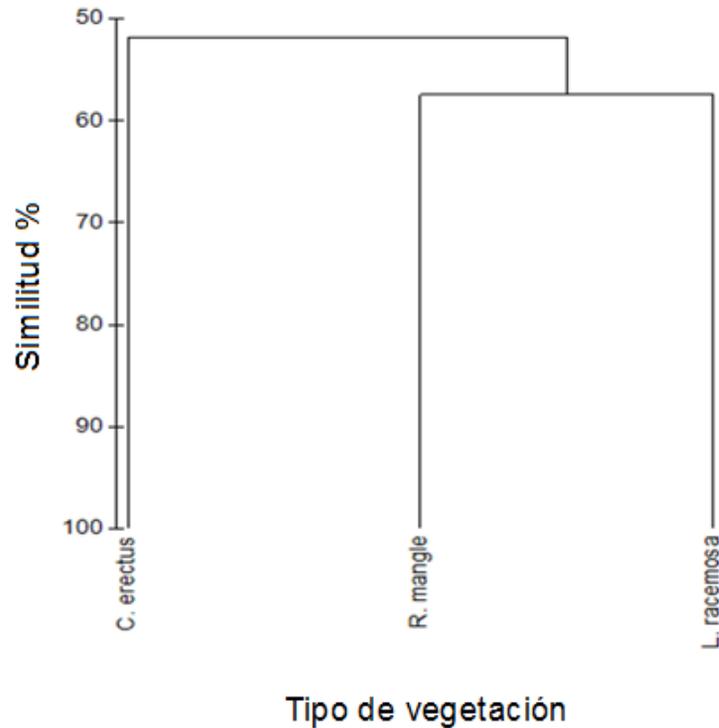


Figura 11. Dendrograma de similitud de las densidades de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

Por otro lado, la mayor similitud entre el grupo Acari en tres especies de manglar se encontró entre el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Fig. 12), mientras que para el grupo Collembola se encontró entre el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) (Fig. 13).

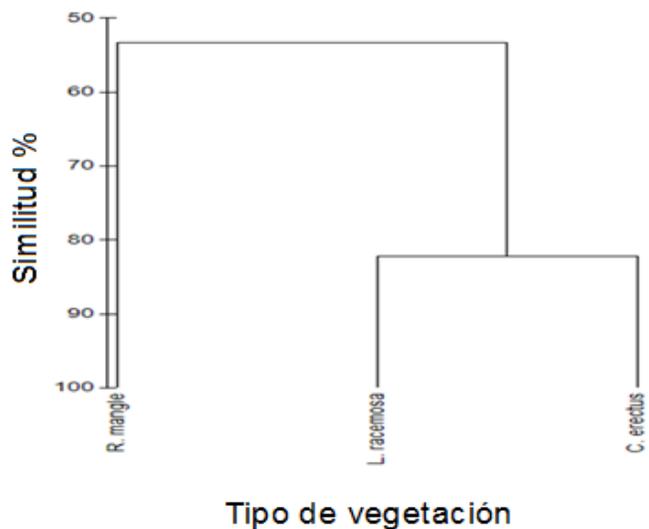


Figura 12. Dendrograma de similitud de las densidades del grupo Acari entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

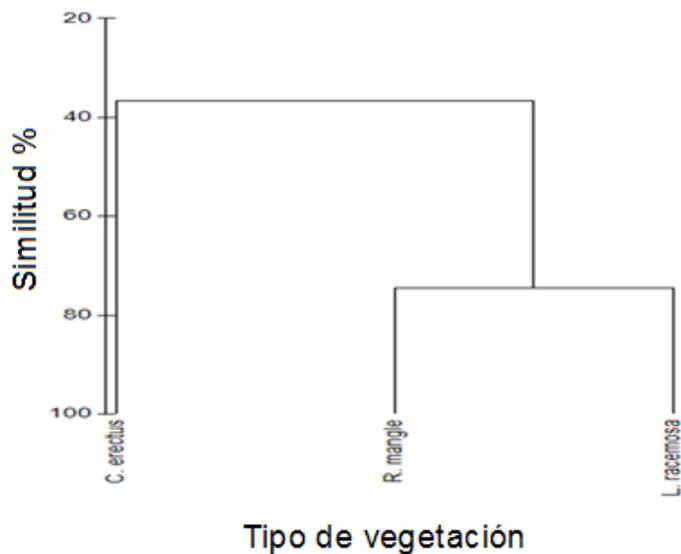


Figura 13. Dendrograma de similitud de las densidades del grupo Collembola entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

Enfocado a nivel de Orden del grupo Acari, la mayor similitud entre los Órdenes Oribatida, Mesostigmata y Astigmata en tres especies de manglar se encontró entre el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo

(*Conocarpus erectus*) (Figs. 14, 15 y 17), a excepción del Orden Prostigmata que se encontró la mayor similitud entre el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Fig. 16).

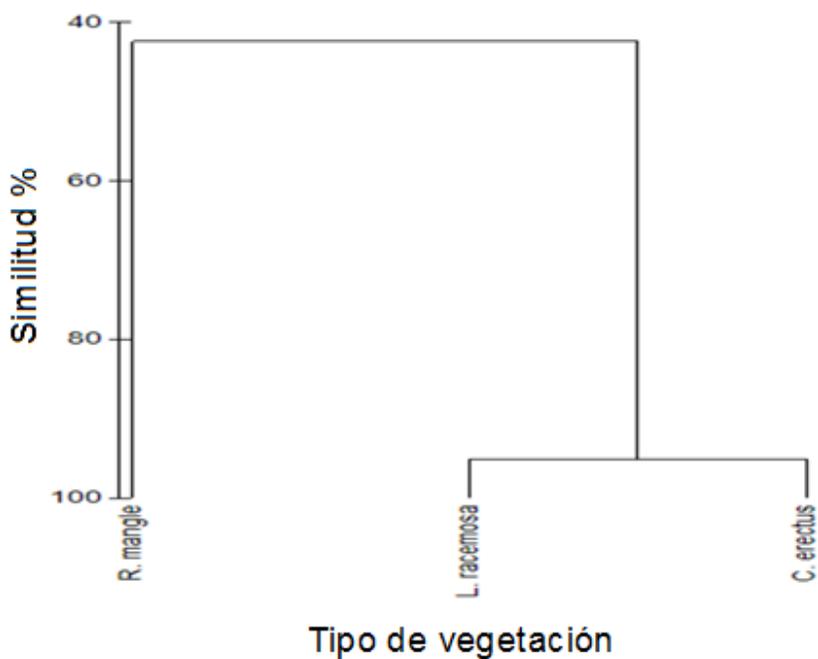


Figura 14. Dendrograma de similitud de las densidades del Orden Oribatida entre tres especies de mangle en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

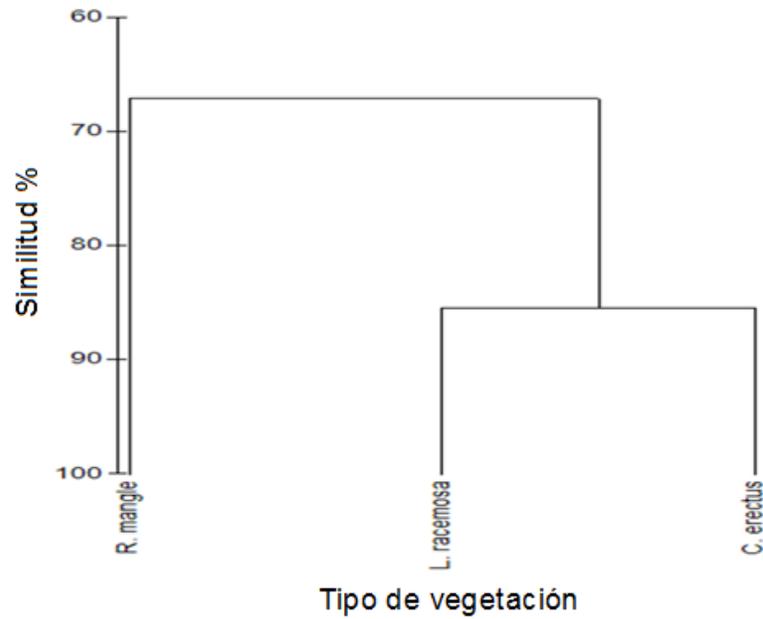


Figura 15. Dendrograma de similitud de las densidades del Órden Mesostigmata entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

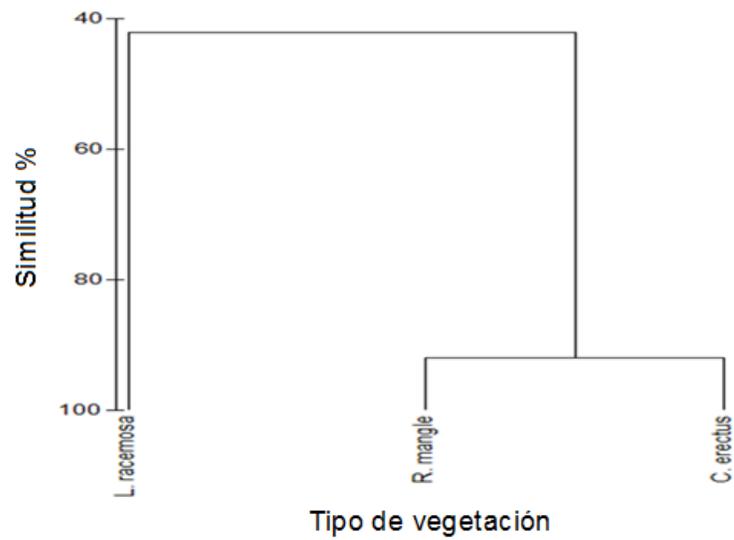


Figura 16. Dendrograma de similitud de las densidades del Órden Prostigmata entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

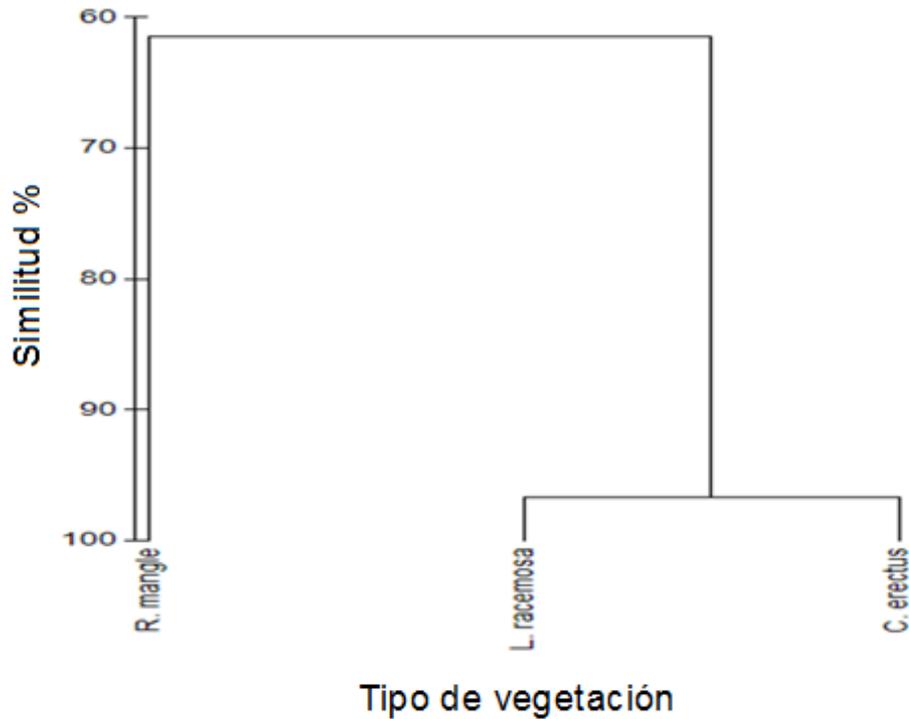


Figura 17. Dendrograma de similitud de las densidades del Órden Astigmata entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

Para el caso de los Órdenes del grupo Collembola, la mayor similitud entre los Órdenes Entomobryomorpha y Poduromorpha en tres especies de manglar se encontró entre el mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) (Figs. 18 y 19). Sin embargo para los Órdenes Neelipleona y Symphypleona la mayor similitud en tres especies de manglar se encontró entre el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (Figs. 20 y 21).

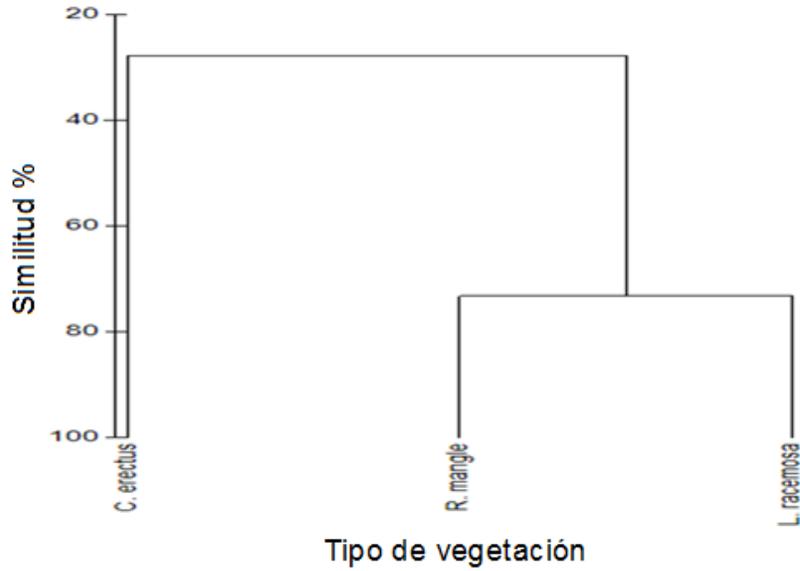


Figura 18. Dendrograma de similitud de las densidades del Órden Entomobryomorpha entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

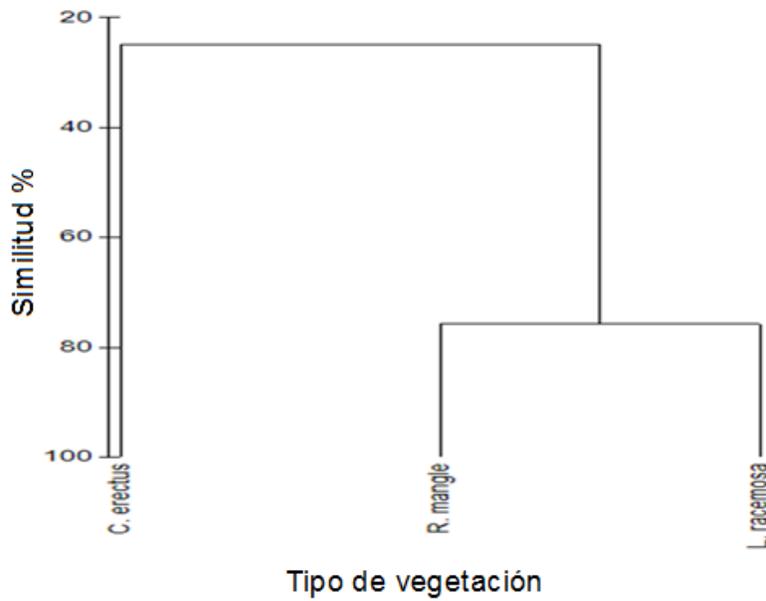


Figura 19. Dendrograma de similitud de las densidades del Órden Poduromorpha entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

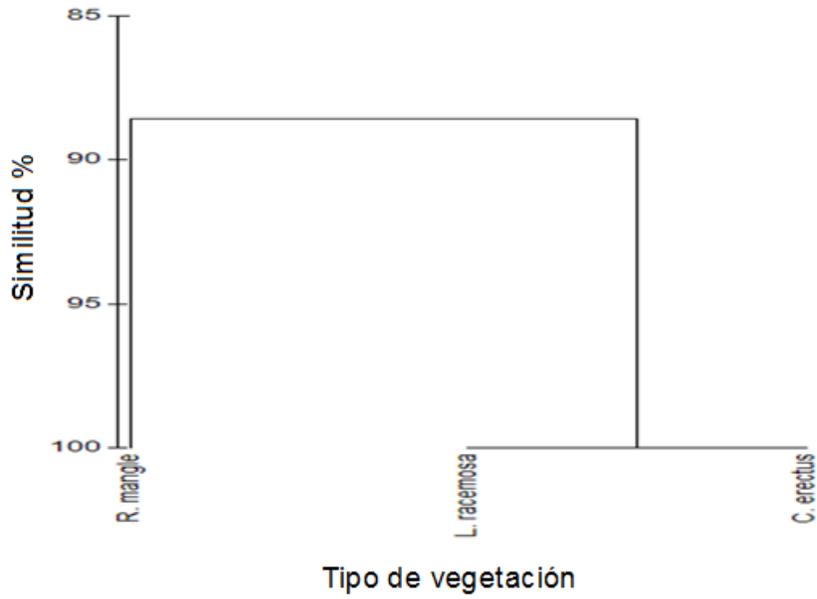


Figura 20. Dendrograma de similitud de las densidades del Órden Neelipleona entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

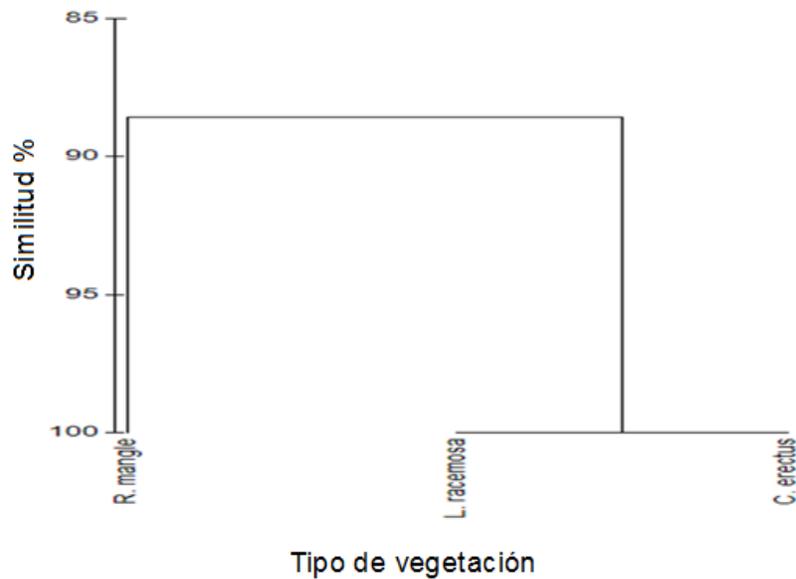


Figura 21. Dendrograma de similitud de las densidades del Órden Shymphypleona entre tres especies de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo.

8.4 VARIACIÓN DE LA DENSIDAD

Se analizaron las densidades de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) presentes en tres especies de manglar (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) en el margen costero de la ciudad de Chetumal, mediante un análisis de varianza de una vía (ANOVA). La variación de la densidad de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) por especie de mangle muestra un efecto significativo ($F_{(2,51)}=17.54$, $p=.0000$) entre el mangle blanco vs el mangle rojo y el mangle blanco vs el mangle botoncillo (Fig. 22). La variación de la densidad del grupo Acari por especie de mangle muestra un efecto significativo ($F_{(2,51)}=28.59$, $p=.0000$) entre el mangle rojo vs el mangle blanco y el mangle rojo vs el mangle botoncillo (Fig. 23) y la variación de la densidad del grupo Collembola por especie de manglar también muestra un efecto significativo ($F_{(2,51)}=28.17$, $p=.0000$) entre el mangle botoncillo vs el mangle blanco y el mangle botoncillo vs el mangle rojo (Fig. 24).

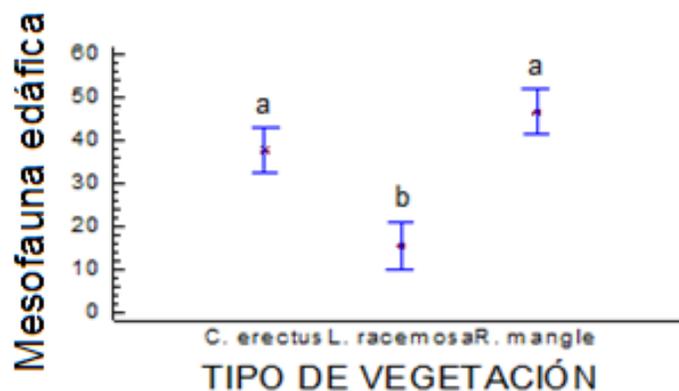


Figura 22. Análisis de varianza de la densidad de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p<0.05$).

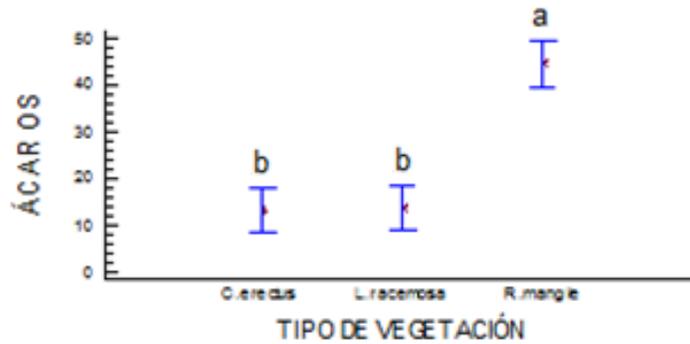


Figura 23. Análisis de varianza de la densidad de Acari con respecto al tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).

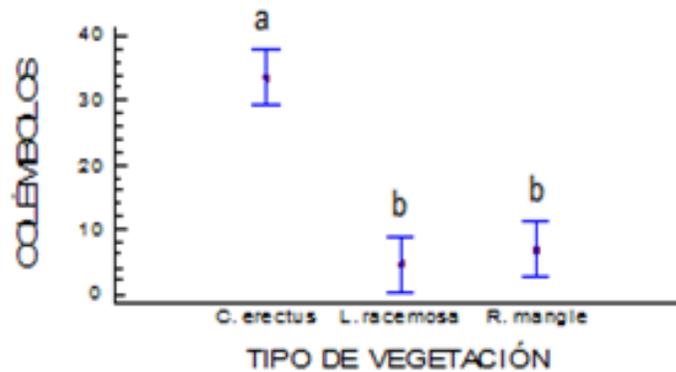


Figura 24. Análisis de varianza de la densidad de Collembola por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).

La variación de la densidad de Órdenes del grupo Acari y Collembola por especie de manglar mostraron diferencias significativas para los siguientes Órdenes: Oribatida ($F_{(2,51)}=32.62$, $p=.0000$) presentando variaciones significativas entre el mangle rojo vs el mangle blanco y el mangle rojo vs el mangle botoncillo (Fig. 25), Entomobryomorpha ($F_{(2,51)}=26.61$, $p=.0000$) y Poduromorpha ($F_{(2,51)}=7.15$, $p=.0018$), ambas presentando variaciones entre el mangle botoncillo vs el mangle blanco y el mangle botoncillo vs el mangle rojo (Figs. 26 y 27).

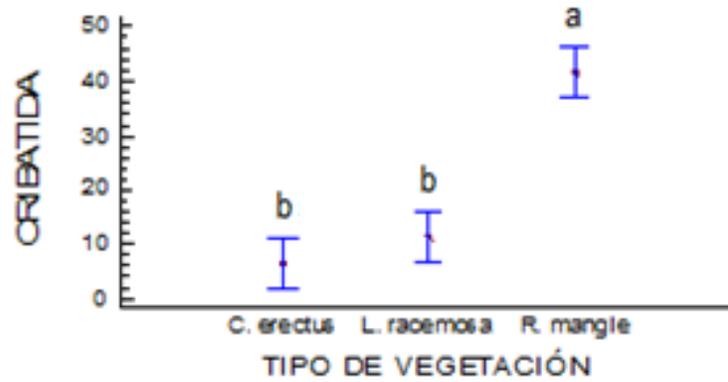


Figura 25. Análisis de varianza de la densidad de Oribatida por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).

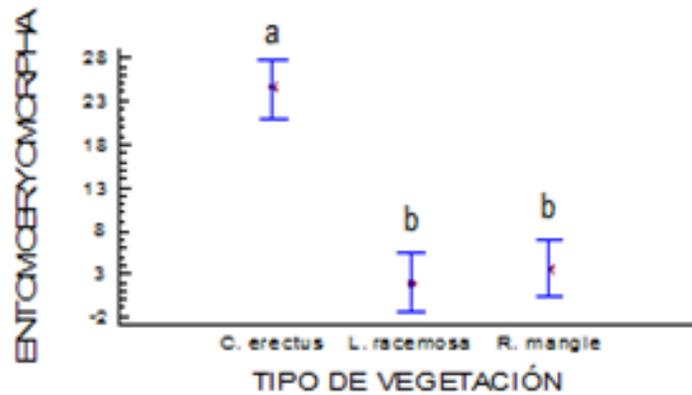


Figura 26. Análisis de varianza de la densidad de Entomobryomorpha por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).

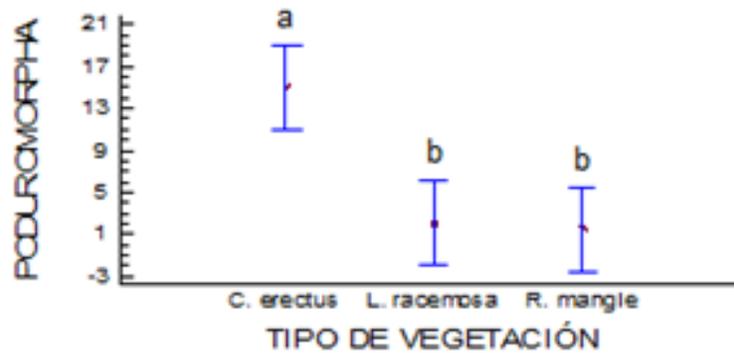


Figura 27. Análisis de varianza de la densidad de Poduromorpha por tipo de vegetación. Letras diferentes denotan diferencias significativas de acuerdo a la prueba post hoc de Tukey ($p < 0.05$).

8.5 DIVERSIDAD Y EQUIDAD

El sitio con Laguncularia racemosa presentó el mayor índice de diversidad ($H' = 1.91$), y equidad ($J' = .68$), mientras que los sitios con Conocarpus erectus y Rhizophora mangle presentaron los menores valores del índice de diversidad ($H' = 1.77$; $H' = .96$), y equidad ($J' = .63$; $J' = .32$), de los tres sitios de muestreo (Tabla 2).

Para comprobar si existe diferencias entre las diversidades se siguió el procedimiento propuesto por Hutchenson en 1970; en este caso la prueba t de student mostró una diferencia estadísticamente significativa entre los valores de diversidad de Shannon–Wiener para los diferentes sitios de muestreo, con excepción del mangle blanco vs el mangle botoncillo (Tabla 3).

Tabla 4. Diferencias entre las diversidades en las tres especies de manglar, mediante la prueba *t* de student modificada. *Indica diferencia significativa.

	Mangle rojo	Mangle blanco	Mangle botoncillo
Mangle rojo		* $t_{(153.75)}6.01p<0.05$	* $t_{(1737.4)}11.02p<0.05$
Mangle blanco			$t_{(144.38)}0.69p<0.05$
Mangle botoncillo			

8.6 RELACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS (TEMPERATURA, HUMEDAD Y pH) CON LAS DENSIDADES DE LA MESOFAUNA EDÁFICA (ACARI Y COLLEMBOLA).

Para el análisis de regresión se analizaron las densidades de la mesofauna edáfica en general, por Clase y por Orden en función con los factores físico-químicos del ambiente (temperatura, humedad y pH) por especie de mangle (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*).

De manera global, la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) presentó una correlación negativa con el pH ($r = -0.4750$ $p < 0.0463$) (Fig. 28.) en el sitio con *Rhizophora mangle* (Fig. 28), sin embargo, los análisis de regresión Clase no presentaron correlación con los factores físico-químicos del ambiente (temperatura, humedad y pH) por especie de mangle, a excepción del grupo Collembola que presenta una correlación negativa ($r = -0.4651$ $p < 0.0517$) con la temperatura (Fig. 29) en la zona norte (*Conocarpus erectus*), otra correlación negativa ($r = -0.5239$ $p <$

0.0256) con el pH (Fig. 31) en la zona sur (*Rhizophora mangle*) y una correlación positiva ($r= 0.5012$ $p< 0.0341$) con la humedad (Fig. 30) en la zona norte (*Conocarpus erectus*).

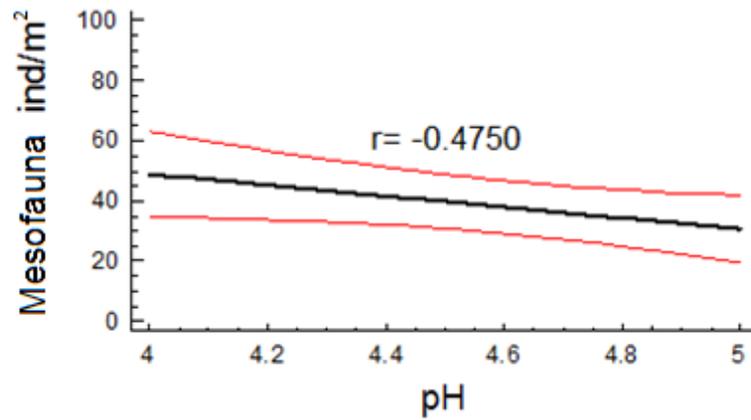


Figura 28. Correlación entre las densidades generales de los artrópodos de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) con el pH en el sitio con *Rhizophora mangle*.

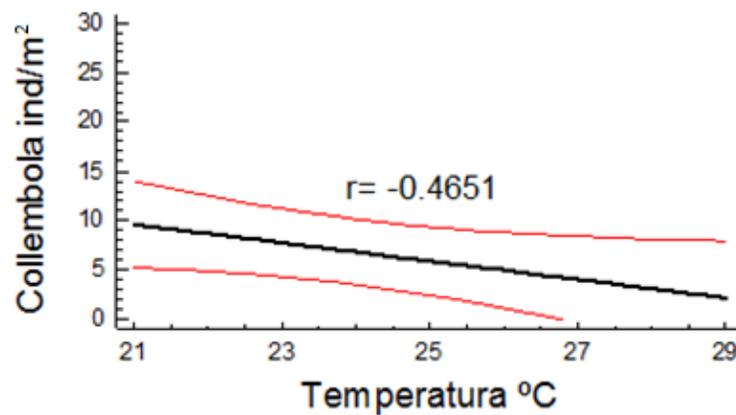


Figura 29. Correlación entre la densidad de Collembola con la temperatura en el sitio con *Conocarpus erectus*.

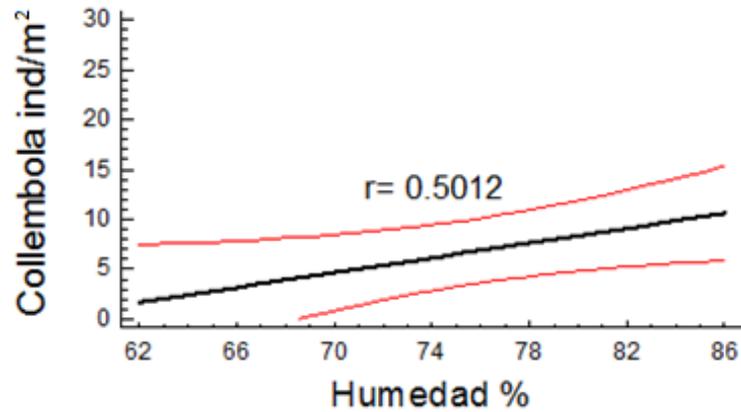


Figura 30. Correlación entre la densidad de Collembola con la humedad en el mangle *Conocarpus erectus*.

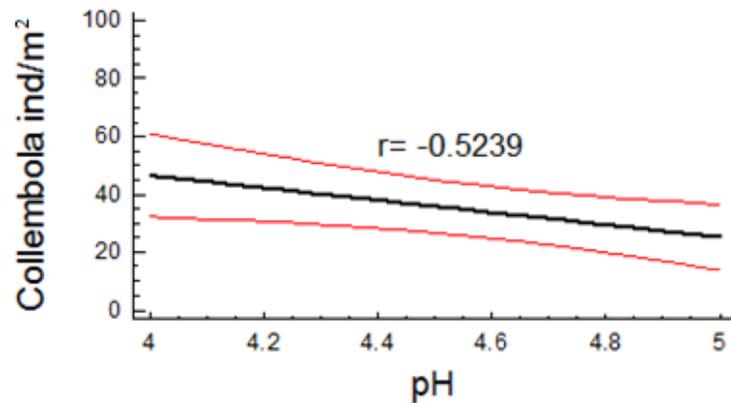


Figura 31. Correlación entre la densidad de Collembola con el pH en el sitio con *Rhizophora mangle*.

El Orden Oribatida ($r = -0.4785$ $p < 0.0445$) presenta una correlación negativa con la temperatura (Fig. 32) en la zona norte (*Conocarpus erectus*), también el Orden Symphypleona ($r = -0.4324$ $p < 0.0731$) presenta una correlación negativa con la temperatura (Fig. 33) en la zona norte (*Conocarpus erectus*).

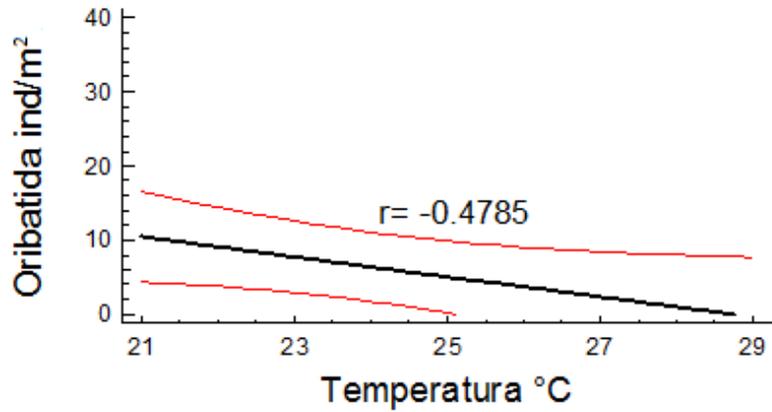


Figura 32. Correlación entre la densidad de Oribatida con la temperatura en el sitio con *Conocarpus erectus*.

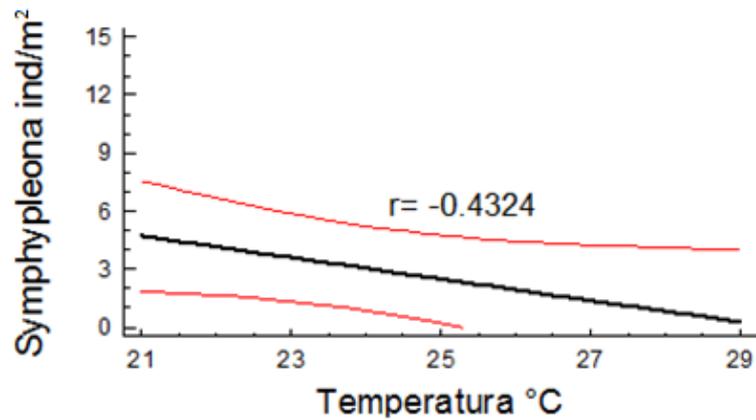


Figura 33. Correlación entre la densidad de Symphypleona con la temperatura en el sitio con *Conocarpus erectus*.

Los ácaros Oribatida ($r= 0.5403$ $p< 0.0206$) y los colémbolos del Orden Symphypleona ($r= 0.4882$ $p< 0.0398$) presentan una correlación positiva con la humedad (Fig. 34) en el mangle *Conocarpus erectus*, (Fig. 35)

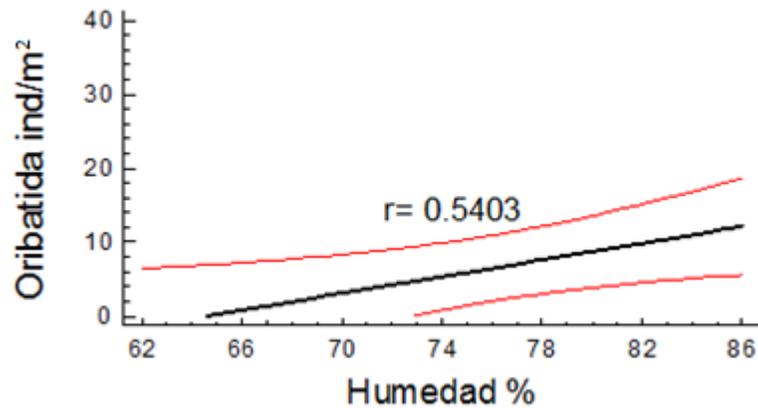


Figura 34. Correlación entre la densidad de Oribatida y la humedad en el sitio con *Conocarpus erectus*.

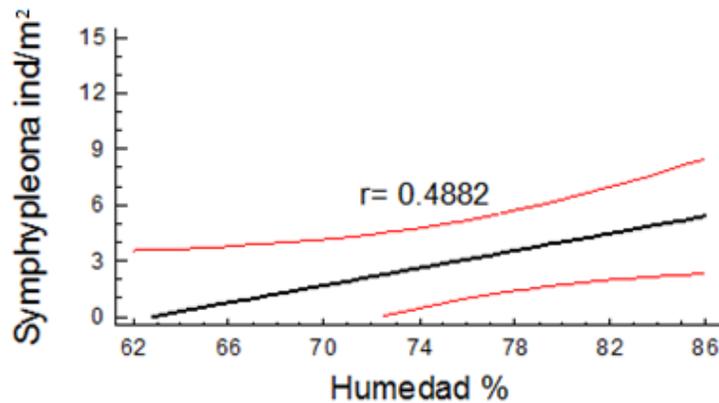


Figura 35. Correlación entre la densidad de Symphypleona con la humedad en el sitio con *Conocarpus erectus*.

Mesostigmata ($r = -0.4807$ $p < 0.0434$) presenta una correlación negativa con el pH para el sitio con *Conocarpus erectus* (Fig. 36), mientras que Astigmata ($r = -0.5534$ $p < 0.0172$) presenta una correlación negativa con el pH (Fig. 37.) para el sitio con *Rhizophora mangle*.

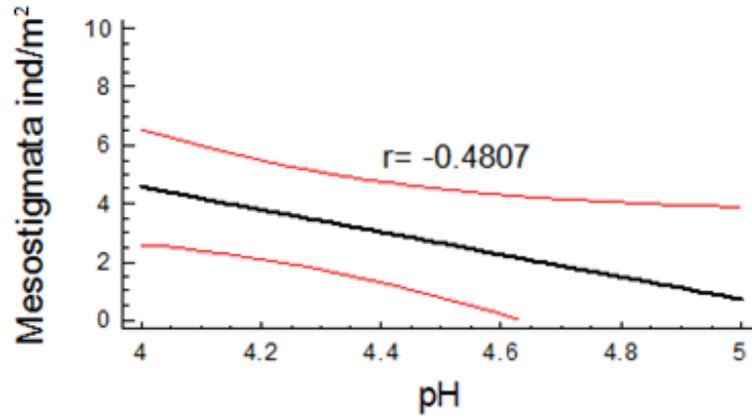


Figura 36. Correlación entre la densidad de Mesostigmata y el pH en el sitio con *Conocarpus erectus*.

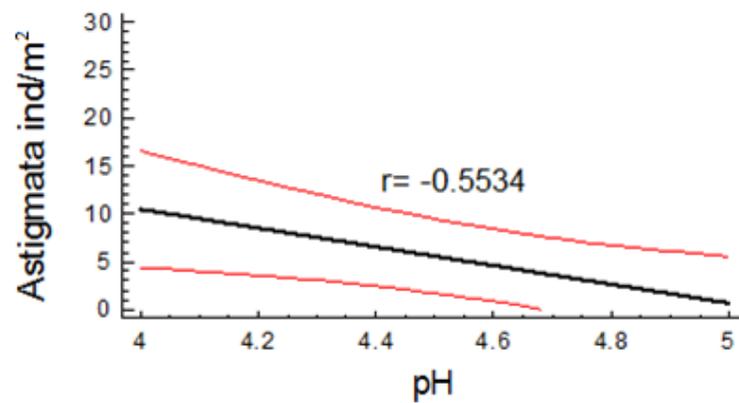


Figura 37. Correlación entre la densidad de los ácaros Astigmata con el pH en el sitio con *Rhizophora mangle*.

9. DISCUSIÓN

Un mangle es un árbol que cuando se agrupan se denominan manglares, estos se encuentran en la interfase de la zona terrestre y marina (Odum 1971; Odum y Heald 1972). Varios autores han caracterizado y definido una zonificación en los manglares, denominándolos manglares de tipo franja, dicha zonificación consiste en presentar mangle rojo (*Rhizophora mangle*) en el borde, estando expuesto a inundaciones, luego el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el blanco (*Laguncularia racemosa*) y finalmente el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Existen sitios con mayor inundación lo que permite el establecimiento de mangle rojo, mientras que en sitios con menor inundación y por ende de mayor salinidad favorece el desarrollo de mangle negro y blanco (Jiménez 1994). Además, en términos de productividad la producción primaria del manglar se convierte en sustrato edáfico, permitiendo el desarrollo de una gran diversidad de microorganismos como los ácaros y colémbolos, que propician la descomposición y valor nutritivo del suelo (Jiménez 1994; Porches et al. 2001; Nagelkerken et al. 2008).

En los tres sitios con distintas especies de manglar (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) en el margen costero de la ciudad de Chetumal, en el estado de Quintana Roo, en el periodo de secas (marzo, abril y mayo del 2017) la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) encontrada estuvo integrada por 1,856 organismos, identificados en dos clases y ocho Órdenes (Fig. 9; Cuadro 2), representando un mayor número de taxones entre ácaros y colémbolos que lo obtenido por García-Gómez et al. (2014) en el ecosistema de manglar para la isla de Cozumel, Quintana Roo, debido a factores como las diferencias espacio-

temporales en los muestreos, la heterogeneidad y el tipo de cobertura vegetal presentes en los sitios de muestreo del presente estudio, por ejemplo, para este estudio se reporta la presencia del Orden Astigmata que no se reportó por García-Gómez et al. (2014), debido principalmente por el muestreo realizado en temporada de secas y por el ambiente estresante que presenta el ecosistema de manglar en el margen costero de la ciudad de Chetumal (Sánchez-Sánchez et al. 2009; Sánchez-Sánchez et al. 2009; Agraz et al. 2011; Alongi 2011; López-Hernández 2013; Adame et al. 2014). Sin embargo, en el tema de la abundancia se obtuvo un menor número de individuos en comparación con otros trabajos como el de Vázquez-González (2012) y García-Gómez et al. (2014) ambos estudios realizados en la isla de Cozumel, Quintana Roo, esto debido a la diferencia de escala espacial y temporal en los muestreos, es decir que, el factor humedad sea la limitante para la fluctuación de la abundancia en el presente estudio, por el grado de importancia de dicho factor en las comunidades de ácaros y colémbolos, según lo reportado por Vázquez-Noh y Cutz Pool (2013; Gómez-Anaya 2010; Gergocs y Hufnagel 2009; Socarras 2013; Tome-Reyna et al. 2015; Zachrisson y Osorio 2017), al comparar más a detalle los resultados del presente estudio con lo realizado por García-Gómez et al. (2014) se establece que la diferencia tan notoria de los resultados son contrastantes debido a que los muestreos fueron realizados en época de lluvias y en solo dos sitios con especies de mangle diferente *Rhizophora mangle* y *Avicennia nítida*, mientras que en el presente estudio se muestreo en la temporada de secas, temporada que implica menor porcentaje de humedad y a la vez establecer tres sitios con diferente especies de mangle en cada uno *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*, acentuándose aún más las diferencias espaciales. Además, existe otro

importante factor que pudiera haber condicionado los niveles de abundancia, es el factor estresante ambiental presente en el ecosistema de manglar (Sánchez-Sánchez et al. 2009; Agraz et al. 2011; Alongi 2011; López-Hernández 2013; Adame et al. 2014). Los oribátidos presentaron la mayor abundancia en con respecto a los otros grupos de colectados, similar a lo reportado por varios autores como Socarrás y Rodríguez (2001), González Cairo et al. (2003) y Prieto Trueba et al. (2005) entre muchos otros. Lo mismo ocurre con el Orden entomobryomorpha fue el más abundante después de los ácaros Oribátidos, presentando similitud con lo reportado en otros estudios como es el caso de López-Chan et al. (2014) quienes trabajaron en la zona norte de estado de Quintana Roo o Prieto Trueba et al. (2005) donde compararon la mesofauna edáfica en dos áreas de un bosque semideciduo situado en la Reserva Ecológica de Bacunayagua, Matanzas. Después de los ácaros oribátidos la mayor abundancia se presentó con los colémbolos entomobryomorpha, debido a que los muestreos se realizaron en un ecosistema muy especial como son los manglares, que presentan una fuerte resiliencia y que brindan mucho equilibrio ecológico debido a sus servicios ambientales como la alta producción de hojarasca que es el servicio ambiental más importante de las comunidades de manglar (López-Medellin y Ezcurra 2012) y su rápida descomposición de hojarasca comparados con ecosistemas terrestres (Twilley et al. 1986; Saenger y Snedaker 1993; Mohamed et al. 2008), reafirmando lo indicado por Socarrás y Rodríguez (2005; 2007), donde establecen que los ácaros y los colémbolos son más abundantes en suelos ricos en hojarasca y con condiciones ambientales favorables tales como la humedad, temperatura y pH.

La mayor similitud entre el grupo Acari en tres especies de manglar se encontró entre el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mientras que para el grupo Collembola se encontró entre el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), debido a que tanto los colémbolos como los ácaros en términos de densidades y tasas están condicionados a una serie de parámetros físico-químicos, que a su vez, cada parámetro es definido de acuerdo a la cobertura vegetal presente en el suelo (Jiménez 1994; Cutz-Pool y Vázquez-González 2012; Javier-Matos 2014, 2016; Tome-Reyna et al. 2015; Yang et al. 2017).

El análisis de varianza (ANOVA) de una vía por especie de mangle mostro una diferencia significativa en las densidades de varias muestras, lo que señala que las densidades presentan variaciones de acuerdo a la heterogeneidad y tipo de cobertura vegetal (Socarrás y Rodríguez 2001; William et al. 2005; Golluscio 2005; Socarrás y Robaina 2011; Socarrás 2013).

El índice de diversidad mostró diferencias significativas en la mayoría de las especies de mangle, con excepción del mangle blanco vs el mangle botoncillo. En el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) se registraron los mayores índices de equidad y diversidad, debido principalmente a las características físicas y químicas del suelo que son determinadas por el tipo de cobertura vegetal, además la abundancia del grupo de ácaros Oribátidos en el mangle blanco estuvo controlada por la presencia de un gran número de grupos de depredadores como hormigas y termitas (Varela et al. 2007; García-Gómez et al. 2014).

Los factores ambientales, como la humedad, la temperatura y el pH, juegan un papel importante en la distribución y permanencia de los organismos en el suelo

(Turbé et al. 2010; Lindo y Winchester 2013; Vázquez-Noh y Cutz Pool 2013; Marín-Beitia et al. 2015), por lo que cada taxa reacciona diferente a las fluctuaciones de estos (Coleman et al. 2004; Cutz-Pool et al. 2003, 2012; Castaño-Meneses 2014). La temperatura muestra una correlación negativa con el Orden Oribatida y el Orden Symphypleona en el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), esto se debe a la carencia de materia orgánica en el suelo del sitio con mangle botoncillo, porque dicho sitio de muestreo estuvo caracterizado por la existencia de un constante arrastre de sustrato en la superficie del suelo por ser una zona inundable, lo que le imposibilita a los organismos refugiarse en la capa de hojarasca perdiendo su habilidad para resistir a las fluctuaciones de la temperatura (Sánchez-Sánchez et al. 2009; Turbé 2010). La humedad es importante para los organismos que habitan en el suelo, debido a que la mesofauna edáfica habita en sitios que se encuentran en porcentajes elevados de humedad, por lo que sus cuerpos se han adaptado y por ende cuando existen fluctuaciones de este en el ambiente afectan su estabilidad y permanencia (Jordana et al. 1997; Coleman et al. 2004; Turbé et al. 2010), en este estudio las correlaciones del Orden oribatida y el Orden Symphypleona con la humedad fueron positivas en el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), para el caso del Orden oribatida coincide con lo propuesto por Gergócs y Hufnagel, (2009) quienes señalan que las densidades de los Oribátidos están relacionados con la humedad, mientras más humedad mayor densidad de organismos, similar ocurre para el Orden Symphypleona quien según Sjørnsen y Holmstrup (2004) las mayores densidades de los colémbolos tienden a aumentar en sitios con mayor humedad, debido a que la carencia de humedad relativa afecta a su locomoción y reproducción. Finalmente el pH muestra una correlación negativa con el Orden Mesostigmata en el mangle

botoncillo (*Conocarpus erectus*) y con el Orden Astigmata pero para el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), esto es debido a que el pH tiende a ser más ácido en el suelo del ecosistema de manglar y que las condiciones físico-químicas del sedimento son directamente modificadas por las variables climáticas (Drexler y Ewel 2001; Flores-Verdugo et al. 2007), por lo que al haber muestreado en temporada de secas pudo haber disminuido aún más el pH del suelo.

10. CONCLUSIÓN

Se determinó la estructura de la comunidad de la mesofauna edáfica (Acari y Collembola) en tres especies de mangle (*Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*) en el margen costero de la ciudad de Chetumal, donde se obtuvo la composición durante el periodo de secas en los meses de marzo, abril y mayo del 2017, integrada por 1,856 organismos, identificados en dos clases y ocho Órdenes, además se obtuvo la similitud de la mesofauna edáfica entre las diferentes especies de mangle, condicionado a las características físico-químicas del suelo, cantidad de materia orgánica presente y heterogeneidad vegetal. También se obtuvo un efecto significativo de la variación de la densidad de la mesofauna edáfica por especie de manglar, mostrando como la mesofauna edáfica está condicionada a los diferentes tipos de vegetación. Por otro lado se presentó el mayor índice de diversidad y equidad en la zona centro (*Laguncularia racemosa*), debido al factor humedad, temperatura y pH que condicionan las fluctuaciones de la abundancia y presencia de la mesofauna edáfica. Finalmente, la mesofauna edáfica presento correlación con los factores físicos y químicos del suelo, determinando su estructura comunitaria de acuerdo a cada tipo de mangle.

11. LITERATURA CITADA

- Aburto-Oropeza O, Ezcurra E, Danemann G, Valdez V, Murray J, Sala E. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 105(30), 10456-10459.
- Accattoli C, Salazar Martínez A. 2012. Oribátidos (Acari: Oribatida): Indicadores de Impacto Antrópico en Parques Urbanos (La Plata, Argentina). *Acta Zoológica Mexicana* 28(3): 550-565.
- Adame MF, Teutli C, Santini NS, Camal JP, Zaldívar-Jiménez A, Hernández A, Herrera-Silveira JA. 2014. Root Biomass and Production of Mangroves Surrounding a Karstic Oligotrophic Coastal Lagoon. *Wetlands* 34:479-488.
- Agraz-Hernández CM, del Río-Rodríguez RE, Chan-Keb CA, Osti-Saenz J, Muñiz-Salazar R. 2018. Nutrient Removal Efficiency of *Rhizophora mangle* (L.) Seedlings Exposed to Experimental Dumping of Municipal Waters. *Diversity*, 10(1):16.
- Agraz-Hernández CM, García-Zaragoza C, Iriarte Vivar S, Flores-Verdugo FJ, Moreno-Casasola P. 2011. Estructura forestal, productividad y fenología de especies de manglares en la laguna de La Mancha en la costa atlántica de México. *Wetlands Ecology and Management*, 19(3), 273-293.
- Aké-Castillo JA, Vézquez G, López-Portillo J. 2006. Caída de basura y descomposición de *Rhizophora mangle* L. en una laguna costera en el sur del Golfo de México. *Hydrobiologia*. 559(1):101-111.
- Alamilla PE, May UD, Vázquez GM, Cutz PL. 2012. Propiedades físico – químicas de los suelos de Cozumel, Quintana Roo México y su relación con la riqueza de específica

de la oribatofauna. Primer Congreso Latinoamericano de Acarología 2012. Sociedad Mexicana de entomología A. C. México.

Alongi DM. 2011. Patterns of Mangrove Wood and Litter Production Within a Beach Ridge-Fringing Reef Embayment, Northern Great Barrier Reef Coast Estuaries and Coasts 34:32–44.

Balogh J, Balogh P. 1988. Oribatid mites of the Neotropical Región I. Elsevier, Amsterdam, 335 pp.

Beaver RA, Browne FG. 1975. The Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera) of Thailand. Oriental Insects 9:283-311.

Bellinger PF, Christiansen KA, Janssens F. 1996-2014. Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>. Consultado: 02, 05, 2014.

Bernal-Rojas A, Cutz-Pool LQ, Castaño-Meneses G. 2009. Colémbolos de un bosque mesófilo de Puerto San Agustín, Querétaro, México. Entomología Mexicana 8: 182-186.

Carrillo L, Palacios-Hernández E, Ramírez AM, Morales-Vela JB. 2009. Características hidrometeorológicas y batimétricas. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del Mar Caribe. eds. J. Espinoza-Avalos, G.A. Islebe y H.A. Hernández-Arana. ECOSUR. Pp. 12-20.

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.

Cepeda PJ, Whitford GW. 1990. Microartrópodos edáficos del desierto chihuahuense, al norte de México. Folia Entomológica. Mecicana. No. 78: 257-272 pp.

- Cepeda PJ. 2006. Distribución altitudinal de microartrópodos edáficos, geoecología de los Andes desérticos. La alta montaña del Valle del Valle del Elqui. Cepeda. P., J (Ed) Ediciones universidad de La Serena, La Serena, Chile.: 123-147.
- Chan-Keb CA, Agraz-Hernández CM, Muñiz-Salazar R, Posada-Vanegas G, Osti-Sáenz J, Reyes Castellano JE, Conde-Medina KP, Vega-Serratos BE. 2018. Ecophysiological Response of *Rhizophora mangle* to the Variation in Hydrochemistry during Five Years along the Coast of Campeche, México. *Diversity*, 10(1): 9.
- Chinery M. 1977. Guía de campo de los insectos de España y Europa. Ed. Omega.
- Çilgi T. 1994 Sarthropod 'indicator species' for environmental impact assessment of pesticides in field studies. *Aspects of Applied Biology* 37: 131-140.
- Cintrón G, Schaeffer-Novelli Y. 1983. Introducción a la ecología del manglar. UNESCO, Montevideo, 109 pp.
- Coleman DC, Crossley DA, Hendrix PF. 2004. Fundamentals of soil Ecology. Institute of Ecology University of Georgia. 2nd ed. 386 pp.
- CONABIO 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. 2^a ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99pp.
- CONABIO 2016. Manglares de México: extensión, distribución y monitoreo (1970/1980 — 2015). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 15pp.
- CONABIO 2017. Manglares de México: Actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo. 1^a ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 128pp.

- Cortet J, Joffre R, Elmholt S, Krogh HP. 2003. Increasing species and trophic diversity of mesofauna affects fungal biomass, mesofauna community structure and organic matter decomposition. *Biology and fertility of soil* 37 (5):302-312.
- Costanza R, Arge RD, De Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Robert G, Raskin Sutton P, Marjan Van Den Belt. 1997. El valor de los servicios ecosistémicos y del capital natural del mundo. *Nature*. 387: 253-260.
- Culliney TW. 2013. Role of arthropods in maintaining soil fertility. *Agriculture*, 3: 629-659.
- Cutz-Pool LQ, López-Chan JA, Castro-Pérez JM, Ortiz-León HJ, Ramírez-Medina M, Ibarra-Garibay LE. 2015a. Diversidad de la Fauna de Microartrópodos de Dunas Costeras en Quintan Roo. *Mesoamericana*, 19(1): 88-89.
- Cutz-Pool LQ, Alcocer-May IS, Ortiz-León HJ, Castro-Pérez JM, López-Chan JA. 2015b. Riqueza Genérica y preferencia de hábitat de Collembola (Hexapoda: Collembola) en el Municipio de Othón Pompeyo Blanco Quintana Roo. *Entomología mexicana*, 2: 161-166.
- Cutz-Pool LQ, Castaño-Meneses G, Palacios-Vargas JG, Cano-Santana Z. 2010. Distribución vertical de colémbolos muscícolas en un bosque de *Abies religiosa* del Estado de México, México. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 81: 457-463.
- Cutz-Pool LQ, Javier Matos MM, Rosado Martín S, Sansores Lara LI. 2011. Diversidad de invertebrados litorales del Boulevard Bahía, Chetumal, Quintana Roo. III Congreso mexicano de ecología. Sociedad científica mexicana de ecología. Boca del Río, Veracruz, México.
- Cutz-Pool LQ, Lima-Coba ZA, Rosado Martin S, Vázquez-González MAM. 2012b. Estructura de la comunidad de ácaros Mesostigmados litorales y su relación con el

pH y temperatura del suelo en Chetumal, Quintana Roo. Memorias del tercer seminario en manejo de recursos naturales. Playa del Carmen, Quintana Roo, México. Municipio de Solidaridad.

Cutz-Pool LQ, Palacios-Vargas JG, Castaño-Meneses G. 2008. Estructura de la comunidad de colémbolos (Hexapoda: Collembola) en musgos corticícolas en un gradiente altitudinal en un bosque subhúmedo de México. *Revista de Biología Tropical* 56: 1-10.

Cutz-Pool LQ, Palacios-Vargas JG, Vázquez MM. 2003. Comparación de algunos aspectos ecológicos de Collembola en cuatro asociaciones vegetales de Noh-Bec, Quintana Roo, México. *Folia Entomologica Mexicana*. 42: 91-101.

Cutz-Pool LQ, Rosado-Martín S, Keb-Canche FJ. 2010. Colémbolos edáficos en tres puntos específicos del litoral de la bahía de Chetumal, Quintana Roo. In: *Memoria del V Congreso Regional de Biotecnología y Bioingeniería del Sureste*. Mérida, Yucatán.

Cutz-Pool LQ, Vázquez-González MM. 2012. Colémbolos (Hexapoda: Collembola): pequeños artrópodos abundantes y diversos en Quintana Roo, México. *Dugesiana*, 19: 105-111.

Dejean A, Durou S, Olmsted I, Snelling RR, Orivel J. 2003. Nest site selection by ants in a flooded Mexican mangrove, with special reference to the epiphytic orchid *Myrmecophila christinae*. *J. Trop. Ecol.* 19:325–331.

Doran JW, Parkin TB. 1994 Defining and assessing soil quality, p.3-21. En: *Defining soil quality for a sustainable environment*. (J.W. Doran et al. eds). SSSA Spec. Publ. 35. ASA and SSSA, Madison, WI.

Drexler JW, Ewel KC. 2001. Effect of the 1997-1998 ENSO-Related drought on hydrology and salinity in a Micronesian wetland complex. *Estuaries* 24 (3): 347-356.

- Duke NC, Ball MC, Ellison JC. 1998. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. *Global Ecol. Biogeogr.* 7, 27–47.
- Etcheagaray J, Sáiz F, Hajek ER. 1977. Análisis de las relaciones entre mesofauna antártica y algunos factores climáticos, *Ser. Cient. Antárt.Chileno*, 5 (1): 35-44.
- Félix-Pico EF, Holguín-Quiñones OE, Hernández-Herrera A, Flores-Verdugo F. 2006. Producción primaria de los mangles del Estero El Conchalito en Bahía de La Paz (Baja California Sur, México). *Ciencias Marinas*. 32(1):53-63.
- Flores-Verdugo FJ, Moreno-Casasola P, Agraz-Hernández CM, López-Rosas H, Benítez-Pardo D, Travieso-Bello AC. 2007. La Topografía y el Hidroperiodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80: 33-47.
- García E. 1995. Clima de la península de Yucatán. *Atlas de procesos territoriales de Yucatán*. Capítulo III. p. 183-194.
- García E. 1999. Vegetación de la península de Yucatán. *Atlas de procesos territoriales de Yucatán*. Capítulo III. p. 183-194.
- García JA. 2005. *Conservación y Manejo Sostenible de la Biodiversidad Bajo del Suelo en Los Tuxtlas, Veracruz*. Instituto de ecología, A. C. Veracruz, México.
- García-Álvarez A, Bello A. 2004. Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. *Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost*. León, España. p. 211.
- García-Gómez A, Castaño-Meneses G, Vázquez-González MM, Palacios-Vargas G. 2014. Arthropods diversity in mangroves from Cozumel Island, Quintana Roo, México, *Rev. Biología y Ecología del suelo*.

- Gaviño De la TG, Juárez López JC, Figueroa Tapia HH. 1972. Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo. México, D.F. Limusa-Wiley. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2005. Enciclopedia de los municipios de México. Quintana Roo. <http://www.municipio.gob.mx/work/tempaletes/enciclo/qroo/>
- Gergócs V, Hufnagel L. 2009. Application of oribatid mites as indicators (Review). *Applied ecology and environmental research*. 7 (1): 79-98.
- Golluscio R. 2005. Dimensiones de la heterogeneidad a nivel de comunidad: Profundidad radical y fenología en 25 especies patagónicas. La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Eds. Martín Oesterheld, Martín R. Aguiar, Claudio M. Ghersa, José M. Paruelo. Editorial. Facultad de agronomía. Pp. 145-166.
- Gómez J. 1999. Historia y geografía de Quintana Roo. Colegio de Bachilleres del estado de Quintana Roo. 145 Pp.
- Gómez-Anaya JA, Palacios-Vargas JG, Castaño-Meneses G. 2010. Abundancia de colémbolos (Hexapoda: Collembola) y parámetros edáficos de una selva baja caducifolia. *Revista Colombiana de Entomología*. 36 (1): 96-105.
- González Cairo V, Díaz Azpiazu M, Prieto Trueba D. 2003. Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar. *Revista Biológica* 17(1); 18-25.
- González-Zuarth C, Vallarino A. 2014. Los bioindicadores ¿una alternativa real para la protección del medio ambiente?. Pp: 21-37. *En: César Alberto González Zuarth Adriana Vallarino Juan Carlos Pérez Jiménez Antonio M. Low Pfeng (editores). ECOSUR-INECC. México.*

- Hazra SB, Schulz V, Brezillon J, Gauger NR. 2005. Aerodynamic shape optimization using simultaneous pseudo-timestepping, *J. Comp. Phys.*, 204: 46-64.
- Hernández-Alcantara P, Solís-Weiss V. 1995. Algunas comunidades macrobentónicas asociadas al manglar (*Rhizophora mangle*) en Laguna Términos, Golfo de México *Rev. Biol. Trop.* 43(1-3):117-129.
- Hernández-Félix L, Molina-Rosales D, Agraz-Hernández CM. 2017. Servicios ecosistémicos y estrategias de conservación en el manglar de Isla Arena. *Agric. Soc. Desarro*, 14 (3): 427-449. ISSN 1870-5472.
- Herrera SJ, Teutli HC, Zaldívar JA, Alvarado E, Caamal-Sosa MOS. 2009. Programa regional para la caracterización y el monitoreo de ecosistemas de manglar del Golfo de México y El Caribe Mexicano: Inicio de una red Multi-institucional. Península de Yucatán. CINVESTAV-ECOPEY/CONABIO, FB1207-N009/08. Segundo informe parcial.
- Herrera-Moreno A. 2000. La clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. P. 88.
- Hopkin SP. 1997. *Biology of the Springtails (Insect: Collembola)*. Oxford University Press, Oxford. 330p.
- Hubp J, García E. 1999. Geomorfología de la península de Yucatán. Atlas de procesos territoriales de Yucatán. Capítulo III. p. 159-162.
- Hutcheson K. 1970. A Test for Comparing Diversities Based on the Shannon Formula. *Journal of Theoretical Biology*, 29, 151-154. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-5193\(70\)90124-4](http://dx.doi.org/10.1016/0022-5193(70)90124-4)

- Javier Matos MM. 2014. Artrópodos de la mesofauna litoral del Boulevard bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Chetumal (QRoo): Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Javier Matos MM. 2016. La mesofauna como indicador de perturbación antrópica en dunas costeras en playas públicas de Xcacel y Cancún, Quintana Roo, México. Chetumal (QRoo): Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Jiménez JA. 1994. Los manglares del pacífico centroamericano. Universidad Nacional, Instituto Nacional de Biodiversidad y Fundación UNA. Heredia, Costa Rica. 336 p.
- Jordana R, Arbea JJ, Simón C, Luciañez MJ. 1997. Collembola, Poduromorpha. En: Fauna Ibérica, vol. 8. Ramos, M. A. et al. (Eds). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 807 pp.
- Karasawa S, Hiji N. 2004. Morphological modifications among oribatid mites (Acari: Oribatida) in relation to habitat differentiation in mangrove forests. *Pedobiologia*. 48:383–394.
- Kathiresan K, Bingham BL. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Adv. Mar. Biol.* 40:81–251.
- Linden DR, Hendrix PF, Coleman DC, Van Vliet PCJ. 1994. Faunal Indicators of soil Quality. En: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment* (J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, B.A. Stewart, eds.) SSSA Special Publication, 91-106 pp. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Lindo Z, Winchester N. 2013. Out on a limb: microarthropod and microclimate variation in coastal temperate rainforest canopies. *Insect Conservation and Diversity*. 6: 513-521.

- López Portillo J, Ezcurra E. 1985. Caída de la lechada de *Avicennia germinans* L. en un ciclo de un año en un lodazal en Laguna de Mecoacán, Tabasco, México. *Biotropica*. 17(3):186-190.
- López Portillo J, Ezcurra E. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y bosques*. Número especial: 27-51.
- López-Chan JA, Cutz-Pool LQ, Ortiz-León HJ, Castro-Peréz JM, Ibarra-Garibay LE, Ramírez-Medina M. 2014. Microartrópodos de dunas costeras en la parte norte de Quintana Roo. *Entomología mexicana* 13 (1): 476-480.
- López-Hernández JM, González-Rodríguez H, Ramírez-Lozano RG, Cantú-Silva I, Gómez-Meza MV, Pando-Moreno M, Estrada-Castillón AE. 2013. Producción de hojarasca y retorno potencial de nutrientes en tres sitios del estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*. 35: 41-64pp.
- López-Medellín X, Ezcurra E. 2012. La productividad de los manglares en el noroeste de México: un metanálisis de los datos actuales. *Journal of Coastal Conservation*. 16(3): 399-403.
- Magurran AE. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Marín-Betia EP, Sánchez M, Sierra-Monrroy A, Peñaranda-Parada MR. 2015. Poblaciones de ácaros, colémbolos y otra mesofauna en n Inceptisiel bajo diferentes manejos. *Rev.Fac.Agr.Medellín*. 68(1):7411-7422.
- Marín-Zamora P, Cutz-Pool LQ, Morón MA. 2013. Coleópteros necrófilos de la zona de manglar de Xcalak, Quintana Roo, México. XXI Congreso nacional de zoología. Universidad Autónoma de Aguas Calientes. ISBN 978-607-8245-93-8.

- Meades L, Rodgerson L, York A, French K. 2002. Assessment of the diversity and abundance of terrestrial mangrove arthropods in Southern New South Wales, Australia. *Aust. Ecol.* 27:451–458.
- Melic A, Ribera I, Torralba A (eds.). 2015. IDE@: Ibero Diversidad Entomológica @ccesible. Revista IDE@-SEA, nº 1-104, 1.492 pp. Accesible en: <http://www.sea-entomologia.org/IDE@>
- Mendoza-Morales, González-Sansón G, Aguilar-Betancourt C. 2016. Producción espacial y temporal de hojarasca del manglar en la laguna Barra de Navidad, Jalisco, México. *Rev. Biol. Trop.* 64 (1): 259-273.
- Mohamed OSM, Mangion P, Mwangi S, Kairo JG, Dahdouh-Guebas F, Koedam N. 2008. Productividad en un manglar periurbano: ¿Tiene impacto la exposición al alcantarillado? Submitted to *Hydrobiologia*. pp. 82-101.
- Moreno CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M & T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza.
- Moreno-Casasola P, Infante DM. 2009. Manglares y selvas inundables, Instituto de Ecología A. C. CONAFOR y OIMT. Xalapa, Ver. México.
- Nagelkerken I, Blader SJM, Bouillon S, Green P, Haywood M, Kirton LG, Mey-neckel JO, Pawlis J, Penrose HM, Sasekumar A, Somerfield PJ. 2008. The habitat function of mangrove for terrestrial and marine fauna: a review. *Aquat.Bot.* 89:155–185.
- Ndaro SGM, Ólafsson E. 1999. Soft-bottom fauna with emphasis on nematode assemblage structure in a tropical lagoon in Zanzibar, eastern Africa: I. Spatial variability. *Hydrobiology.* 405:133–148.
- Norton RA. 1990. Acarina: Oribatida. In: D. L Dindal (Ed.) *Soil Biology Guide*. Wiley, New York: 779-803.

- Odum WE, Heald EJ. 1972. Trophic analyses of an estuarine mangrove community. *Bulletin of Marine Science*. 22: 671-738.
- Odum WE. 1971. Caminos de flujo de energía en un estuario del sur de la Florida. University of Miami. *Sea Grant Bulletin*. 7: 162.
- Palacios- Vargas JG, Castaño-Meneses. 2014. Los colémbolos (Arthropoda: Hexapoda) como bioindicadores. Pp: 291-307. *En: César Alberto González Zuarth Adriana Vallarino Juan Carlos Pérez Jiménez Antonio M. Low Pfeng (editores). ECOSUR-INECC. México.*
- Palacios-Vargas JG, Castaño-Meneses G, Mejía-Recamier BE. 2000b. Collembola. Pp. 249-273. *En: Llorente-Bousquets, J., E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II UNAM.México, D. F.*
- Palacios-Vargas JG, Cutz-Pool LQ, Maldonado-Vargas C. 2000a. Redescription of the male of *Coenaletes caribaeus* (Collembola: Coenaletidae) associated with hermit crabs (Decapoda: Coenabidae). *Entomological Society of America*, 93: 194-97.
- Palacios-Vargas JG, Mejía-Recamier BE, de Oyarzabal A. 2014. Guía ilustrada para los artrópodos edáficos. México: UNAM, Facultad de Ciencias. 88 pp.
- Palacios-Vargas JG, Mejía-Recamier BE. 2007. Técnicas de colecta, preservación y montaje de microartrópodos. Las Prensas de Ciencias, UNAM. 74 pp.
- Palacios-Vargas JG, Mejía-Recamier BE. 2011. The Mexican cavernicolous *Pseudosinella* (Collembola: Entomobryidae) with description of a new species. *Subterranean Biology* 8:49-55.

- Palacios-vargas JG, Vidal acosta V. 1994. Nuevas especies de Friesea (Collembola: Neanuridae) de reservas biológicas de México. *The Southwestern Entomologist*, 19(3): 291-299.
- Paoletti MG, Bressan M. 1996. Soil invertebrates as Bioindicator of Human Disturbance. *Critical Reviews in Plant Sciences* 15 (1): 21-62.
- Pérez-Pech WA, Cutz-Pool LQ. 2015. Estructura y sucesión de la fauna de artrópodos edáficos asociados al cultivo tradicional de maíz, en José María Morelos, Quintana Roo. México. *Revista Ingeniantes*, 2: 24-28.
- Pommeresche R, Anne-Kristin L. 2014. Diversidad y densidad de colimbo (Collembola) en una hierba de trébol en la Ley en el noroeste de Noruega. *Norwegian Journal of Entomology* 61, 165–179.
- Pozo C, Armijo Canto N, Calmé S, editores. 2011. Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.
- Prieto-Trueba D, González V, Tcherva T. 2005. Microartrópodos asociados a la hojarasca de un bosque semidecídulo de Bacunayagua, Matanzas, Cuba. *Revista Biología*, 19: 57-65.
- Prieto-Trueba D, Vázquez-González MaM, Rodríguez-Aragonés C. 1999. Comunidades de la mesofauna edáfica en una selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Revista Biología Tropical*, 47(3): 489–492.

- Proches S, Marshall DJ, Ugrasen K, Ramcharan A. 2001. Ensamblaje de artrópodos en pneumatóforos del manglar y patrones temporales. *J. Mar. Biol. Assoc.U.K.* 81:545–552.
- Ravinowitz D. 1978. Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotropica* 10(1): 47-57.
- Rebolledo-Vieyra M. 2009. Aspectos geológicos de la cuenca del Caribe. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del Mar Caribe. eds. J. Espinoza-Avalos, G.A. Islebe y H.A. Hernández-Arana. ECOSUR. Pp. 5-11.
- Rico GV, A Lot H. 1983. Producción de hojarasca del manglar de la Laguna de la Mancha, Veracruz, México. *Biota*. 8(3): 295-302.
- Ross H. 1973. *Introducción a la Entomología*. Ed. Omega.
- Ruiz-Fernández AC, Agraz-Hernández CM, Sanchez-Cabeza JA, Díaz-Asencio M, Pérez-Bernal LH, Keb CC, Castellanos JR. 2017. Sediment Geochemistry, Accumulation Rates and Forest Structure in a Large Tropical Mangrove Ecosystem. *Wetlands*, 1-19. ISSN: 0277-5212.
- Saenger P, Snedaker SC. 1993. Las tendencias pantropicales son la biomasa por encima del suelo y la caída de basura. *Oecologia*. 96: 293-299.
- Sánchez-Sánchez O, Islebe GA, Valdez-Hernández M. 2009. Vegetación costera del Santuario del Manatí. Pp: 41-44. En: Espinoza-Avalos, J.,G.A. Islebe y H. A. Hernández-Arana (eds). *Colegío de la Frontera Sur*.
- Sánchez-Sánchez O, Islebe GA, Valdez-Hernández M. 2009. Vegetación costera del Santuario del Manatí. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del Mar Caribe. eds. J. Espinoza-Avalos, G.A. Islebe y H.A. Hernández-Arana. ECOSUR. Pp. 41-44.

- Sánchez-Sánchez O, Islebe GA, Valdez-Hernández M. 2011. Vegetación costera del Santuario del Manatí. Riqueza biológica de Quintana Roo, un análisis para su conservación.
- Seastedt T. 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralization proceses. Ann. Rev. Entomol. 29:25-46.
- Sjursen H, Holmstrup M. 2004. Cold and drought stress in combination with pyrene exposures: studies with *Protaphorura armata* (Collembola: Onychiuridae). Ecotoxicology and Environmental Safety. 57 (2): 145-152.
- Socarrás A, Rodríguez M. 2007. Evaluación de la mesofauna del suelo en áreas rehabilitadas con casuarina y marañón de la zona minera de Moa, Centro Agrícola, 34 (2): 69-74. ISSN:0253-5785.
- Socarrás A, Rodríguez M. 2005. Utilización de la mesofauna como indicador biológico en áreas recultivadas con *Pinnus cubensis* en la zona minera de Moa, Holguín, Cuba.
- Socarrás A. 2013. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Pastos y Forrajes, 36: 5-13.
- Socarrás AA, Robaina N. 2011. Mesofauna edáfica en diferentes usos de la tierra en la Llanura Roja de Mayabeque y Artemisa, Cuba. Pastos y Forrajes, 34: 347-358.
- Socarrás Rivero AA, Rodríguez ME. 2001. Efecto de la agricultura orgánica sobre la mesofauna del suelo. Poeyana 485:5-7.
- Thibaud JM, Palacios-Vargas JG. 2000. Remarks on Stachorutes (Collembola: Pseudachorutidae) with a new mexican species. Folia Entomologica Mexicana. 109:107-112.
- Thibaud JM, Palacios-Vargas JG. 2001. Collemboles intertiteles des sables littoraux du Mexique (Collembola) Rev. Fr. Entomol. 23:181-184.

- Tome-Reyna SA, Cutz-Pool LQ, Ortiz-León HJ. 2015. Variación Espacio-temporal de ácaros (Cryptostigmata) en puntos estratégicos de la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista Ingeniantes* 1(2): 58-64
- Turbé A, Toni de A, Benito P, Lavelle P, Ruiz N, Van der Putten WH, Labouze E, Mudgal S. 2010. Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Report for European Commission.
- Twilley RR, Lugo AL, Patterson-Zucca C. 1986. Producción de basura y facturación en manglares de cuenca en el suroeste de Florida. En: López-Portillo, J. y Ezcurra, E. Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques*. Número especial, 2002:27-51.
- Twilley RR, Snedaker SC, Yañez-Arancibia A, Medina E. 1996. Biodiversidad y procesos del ecosistema en estuarios tripocales: perspectivas de los ecosistemas del manglar. En: Mooney HA, Cushman JH, Medina E, Salas OE, Schulze ED. editores, *Functional Roles of Biodiversity: A Global Perspective*. John Wiley y Sons Ltd, UNEP. p. 327–370.
- Twilley RR. 1995. Properties of mangrove ecosystems in relation to the energy signature of coastal environments. En: C. A. S. May. (ed *Maximum power*. University of Columbia Press, Niwot, Colorado, pp. 43 - 62.
- UNEP-WCMC. 2006. En primera línea: protección de la costa y otros servicios ecosistémicos de manglares y arrecifes de coral. The United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK, 33 pp.
- Uribe-Hernández R, Juárez CH, Montes de Oca GA, Palacios-Vargas JG, Cutz-Pool LQ y Mejía-Recamier BE. 2010. Los colémbolos (Hexapoda) como bioindicadores de la

calidad de suelos contaminados con hidrocarburos en el suroeste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81: 153-162.

Vaj C, Van Gestel CAM, Vighi M. 2014. Year-round behaviour of soil microarthropod communities under plant protection product application. *Ecotoxicology*. DOI 10.1007/S10646-014-1232-8.

Varela A, Camilo C, Cotes C. 2007. Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. *Revista Colombiana de Entomología* 33 (1): 45-53.

Vázquez-Noh WP, Cutz Pool LP. 2013. Diversidad de microartrópodos (ácaros y colémbolos) de musgos corticícolas en la selva baja de Nicolás Bravo, Quintana Roo. *Instituto Tecnológico de Chetumal*. 12:654-665.

Vázquez GM. 2009. Microartrópodos edáficos litorales. En: *El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: Costa occidental del Mar Caribe*. Espinoza Á J, Islebe GA, Hernández AH. editores. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). México.

Vázquez GMM. 2012. Riqueza específica y biodiversidad de microartrópodos edáficos de la Isla de Cozumel, Q. Roo. Universidad de Quintana Roo. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HJ028. México D.F.

Vázquez González MM, Ramos Rivera P. 2017. Riqueza específica y biodiversidad de microartrópodos edáficos de la Isla de Cozumel, Q. Roo. Version 1.4. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/ldfmg3> accessed via GBIF.org on 2018-08-09.

Vázquez-González MM. 2008, Microartrópodos edáficos litorales, Universidad de Quintana Roo, México, 15(1):7-15.

William BB, Taboada MA, Lavado RS, Perelman SB, Leónet RJC. 2005. Asociación entre comunidades vegetales y suelos en el pastizal de la Pampa Deprimida. *La*

heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Eds. Martín Oesterheld, Martín R. Aguiar, Claudio M. Ghera, José M. Paruelo. Editorial. Facultad de agronomía. Pp. 113-127.

Yang S, Paik K, McGrath G, Urich C, Krueger E, Kumar P, Rao P. 2017: Functional Topology of Evolving Urban Drainage Networks. *Water Resources Research*. DOI: 10.1002/2017WR021555.

Zachrisson B, Osorio P. 2017. Abundancia de Collembola (Artrópoda: Hexápoda) e interacción con los parámetros edáficos, en el agro ecosistema arroz (*Oryza sativa* L., poaceae), en Panamá. *Interciencia*. Vol. 42 (2): 88-93.

Zar HJ. 2010. *Biostatistical Analysis*, quinta Edición. Prentice hall, Englewood cliffs, New Jersey, 605 p.

12. GLOSARIO

Ácaros: son organismos que miden menos de 2mm de longitud, son habitantes bien representativos del suelo debido a que pasan todo su ciclo biológico en el suelo, presentan cuerpo no segmentado y fusionado. La forma del cuerpo puede ser muy variada y puede estar poco o muy esclerotizado. Existen cuatro Órdenes de ácaros: Oribatida, Mesostigmata, Astigmata y Prostigmata (Ribera et al. 2015).

Colémbolos: son pequeños artrópodos sin alas, emparentados con los insectos, que miden entre 250 micrones y 10 mm. De longitud. Existen cuatro Órdenes de Collembola: Entomobryomorpha, Poduromorpha, Symphypleona y Neelipleona (Hopkin 1997).

Mesofauna: Son artrópodos clasificados según su tamaño que va de 0.1 mm a 2 mm e incluye larvas de dípteros, coleópteros pequeños pero principalmente los grupos de colémbolos y ácaros (Cutz-Pool 2015).

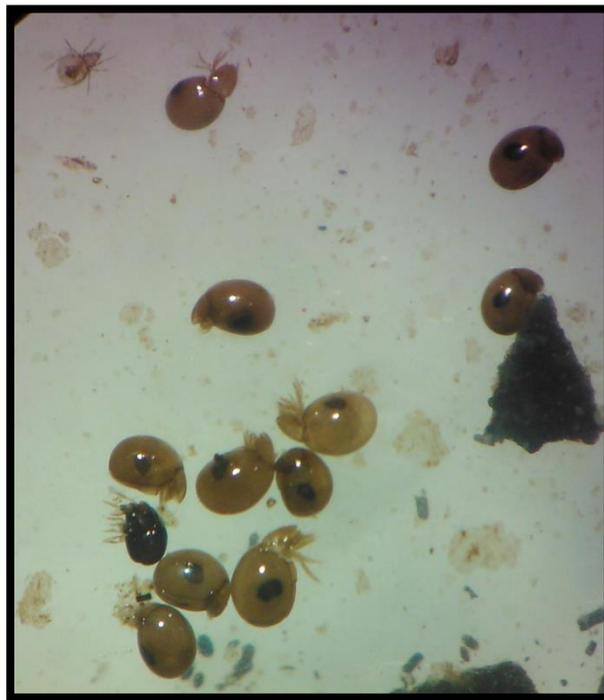
Panfitófagos: Son organismos que se alimentan tanto de materia vegetal muerta como también de hongos, bacterias y algas (Cutz-Pool y Vázquez-González 2012).

Manglares: Un mangle es un árbol que cuando se agrupan se denominan manglares, además son uno de los ecosistemas tropicales más importantes por su productividad primaria, su área de crianza, alimentación y protección de numerosas especies de interés comercial y estos se encuentran en la interfase de la zona terrestre y marina. (Odum y Heald 1972).

13. ANEXO

FOTOGRAFÍAS DE CADA ORDEN DE ÁCAROS Y COLÉMBOLOS EN TRES ESPECIES DE MANGLAR EN EL MARGEN COSTERO DE LA CIUDAD DE CHETUMAL, QUINTANA ROO.

ÁCAROS



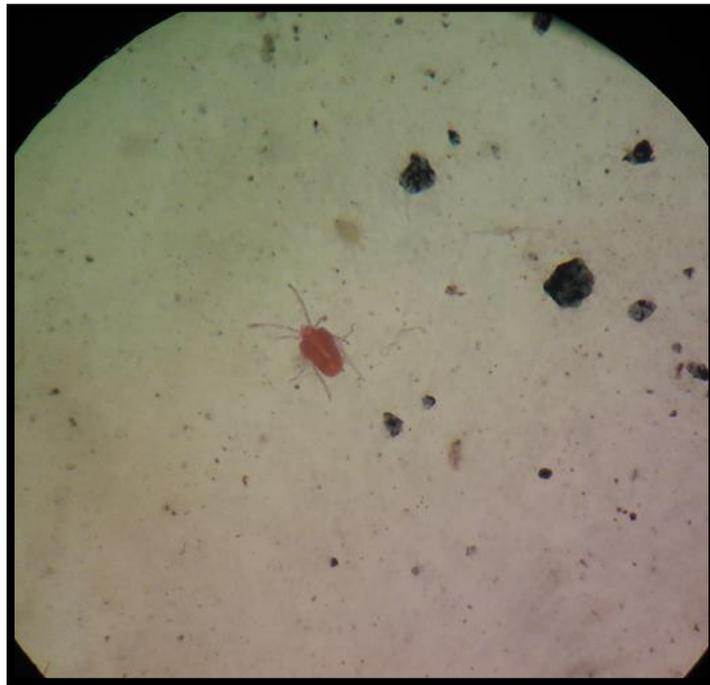
ORDEN: ORIBATIDA



ORDEN: ASTIGMATA



ORDEN: MESOSTIGMATA

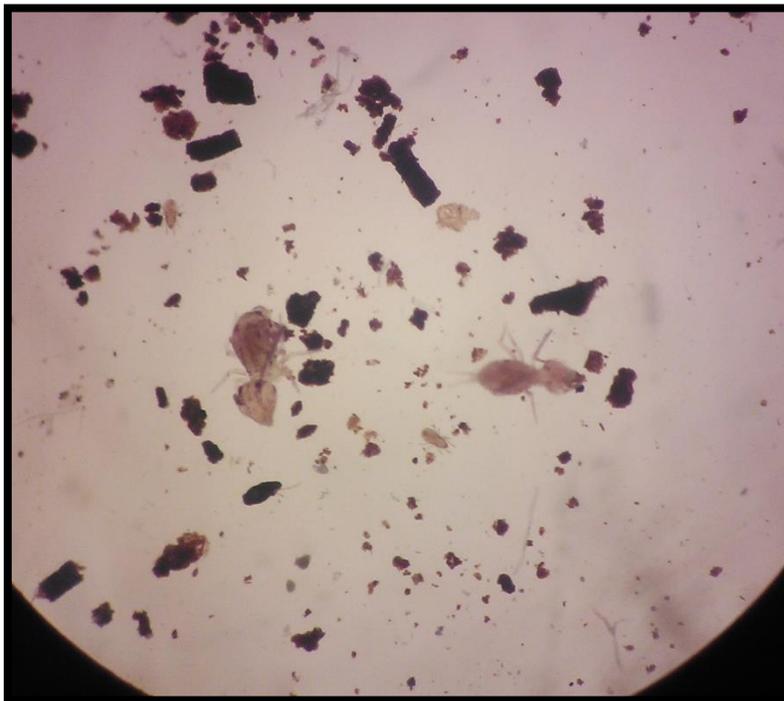


ORDEN: PROSTIGMATA

COLÉMBOLOS



ORDEN: ENTOMOBRYOMORPHA



ORDEN: SYMPHYPLEONA



ORDEN: PODUROMORPHA



ORDEN: NEELIPLEONA