



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

**FAUNA EDÁFICA (ÁCAROS UROPODINA) COMO
BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO DE
MANGLAR EN DOS LOCALIDADES (MAHAHUAL Y
XAHUAXOL) DEL CARIBE MEXICANO.**

TESIS

Para obtener el grado de

LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

PRESENTA

ABIGAIL LILIANA AGUIRRE CORTÉS

DIRECTOR DE TESIS

DRA. MARÍA MAGDALENA VÁZQUEZ GONZÁLEZ

ASESORES

M. EN C. JUAN ANTONIO RODRÍGUEZ GARZA

DRA. PATRICIA FRAGOSO SERVÓN

LIC. ELVIA BEATRIZ ALAMILLA PASTRANA

LIC. DANIEL ALFONSO MAY UICAB



Chetumal Quintana Roo, México, 28 de octubre de 2021





UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité de Tesis del programa de licenciatura y aprobada como requisito para obtener el grado de:

LICENCIADA EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

COMITÉ DE TESIS

Director: Dra. María Magdalena Vázquez

Dra. María Magdalena Vázquez González

Asesor: M. en C. Juan Antonio Rodríguez Garza

M. en C. Juan Antonio Rodríguez Garza

Asesor: Dra. Patricia Fragoso Servón

Dra. Patricia Fragoso Servón

Asesor: Lic. Elvia Beatriz Alamilla Pastrana

Lic. Elvia Beatriz Alamilla Pastrana

Asesor: Lic. Daniel Alfonso May Uicab

Lic. Daniel Alfonso May Uicab



Chetumal Quintana Roo, México, 28 de octubre de 2021

Dedicatoria

A mis padres...

A mi mamá que hizo todo lo posible para que continuaré y terminara con mis estudios, dejándome la mejor herencia "el conocimiento".

A mi padre que ha sido mi transporte y aunque renuente de algunas cosas, ha estado en los momentos clave.

Gracias por brindarme su apoyo y confianza.

A mis hermanos, familiares y amigos

A mi hermana que ante todo siempre ha tenido un "sí" para todo lo que he necesitado, a pesar de la distancia sé que siempre cuento con ella.

A mis hermanos, sobrinos y demás personas que en bromas preguntaban qué "Cuándo?" o que, si algún día iba a terminar de estudiar, provocando un impulso por demostrarme que cada día transcurrido valía la pena y que, si podía lograrlo, pese al tiempo que llevara finalizar esta etapa.

A la memoria de mis seres queridos

Quienes se portaron como guerreros y lastimosamente perdiendo la batalla por su vida y se fueron como no debían.

Agradecimientos

A mi familia por estar presente en esta etapa, por su apoyo y por sus enseñanzas que me han aportado.

A mi tutor y docentes por compartirme parte de sus conocimientos, experiencias y sobre todo su paciencia durante la carrera.

A la Dra. Magdalena Vázquez González directora de esta tesis, por introducirme a ese pequeño pero diverso mundo de la fauna edáfica, por brindarme parte de sus conocimientos, experiencias como docente y ser humano, por brindarme la confianza y dejarme trabajar todo el tiempo en el laboratorio de Microartrópodos edáficos, por involucrarme en las actividades que estuvieron a su cargo, de las actividades y ponencias a fines a la carrera y en los eventos en donde se pudo dar a conocer los avances de esta tesis.

A Elvia y Daniel, les agradezco totalmente su tiempo invertido, su inmensa paciencia al asesorarme, aconsejarme y ayudarme para realizar esta tesis, por compartir sus conocimientos y experiencias, que a pesar de estar en cuarentena por la pandemia accedieron a seguir ayudándome, por lo que fueron parte fundamental para concluir con este trabajo.

A la Dra. Patricia Fragoso Servón por brindarme su total apoyo y confianza, al asesorarme, ayudarme con las muestras y permitirme el acceso al Laboratorio de Recursos Naturales para realizar los análisis de suelo.

Al M.C. Juan A. Rodríguez Garza por las observaciones y correcciones de este trabajo.

Al Dr. Leopoldo Cutz Pool que, aunque no formó parte de mi comité para la tesis, accedió amablemente a brindarme su asesoría y conocimientos principalmente en la parte estadística, aclarando dudas y brindando consejos respecto al tema.

A los compañeros con quienes estuve conviviendo y compartiendo experiencias durante la carrera y durante mi estancia en ambos laboratorios de la UQROO.

Al Consejo Quintanarroense de Ciencia y Tecnología (COQCYT) por el apoyo otorgado durante el programa “Apoyos económicos a estudiantes para asistentes de investigador” y por hacerme participe exponiendo los avances de esta tesis en el evento “Sexto Encuentro de Jóvenes Investigadores” del 2018.

CONTENIDO

<i>DEDICATORIA</i>	<i>II</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>III</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>VII</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>VIII</i>
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 LA FUNCIONALIDAD DEL SUELO Y SU CONSERVACIÓN	2
1.2 FAUNA DEL SUELO	3
2 ANTECEDENTES	7
3 JUSTIFICACIÓN	10
4 OBJETIVOS	11
4.1 OBJETIVO PRINCIPAL	11
4.2 OBJETIVOS PARTICULARES	11
5 HIPÓTESIS	12
6 METAS	12
7 ÁREA DE ESTUDIO	13
7.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	13
7.2 SUELO	15
7.3 CLIMA	15
7.4 TEMPERATURA	15
7.5 PRECIPITACIÓN	16
7.6 RELIEVE	16
7.7 VEGETACIÓN	16
7.8 MEDIO NATURAL	19
8 METODOLOGÍA	20
8.1 TRABAJO DE CAMPO	20
8.1.1 SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	20

8.1.2	MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	22
8.1.3	PERÍODOS DE COLECTA	22
8.2	TRABAJO DE LABORATORIO.....	23
8.2.1	EXTRACCIÓN DE ORGANISMOS EDÁFICOS	23
8.2.2	REVISIÓN, SEPARACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ORGANISMOS.....	24
8.2.3	PREPARACIONES	25
8.2.4	ANÁLISIS DE SUELOS.....	27
8.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	35
8.3.1	ABUNDANCIA RELATIVA (%).....	35
8.3.2	RIQUEZA ESPECÍFICA (S)	36
8.3.3	DENSIDAD (IND/M ²).....	36
8.3.4	ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (H')	36
8.3.5	EQUIDAD DE PIELOU (J').....	37
8.3.6	ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON (λ)	38
8.3.7	REGRESIONES LINEALES	38
9	RESULTADOS EDAFOLÓGICOS.....	39
10	RESULTADOS ESTADÍSTICOS.....	43
10.1	ABUNDANCIA Y RIQUEZA	43
10.1.1	ABUNDANCIA POR TEMPORADA	47
10.2	DENSIDAD	53
10.3	DIVERSIDAD GENERAL	54
10.3.1	DIVERSIDAD EN LOS MESES DE MUESTREO (ABRIL Y SEPTIEMBRE).....	54
10.4	PRUEBA T DE STUDENT.....	55
10.5	REGRESIONES LINEALES.....	56
10.5.1	CORRELACIONES ENTRE LA ABUNDANCIA DE ÁCAROS Y LOS PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS DE SUELO.	57
	DISCUSIÓN.....	60
	CONCLUSIONES.....	62
	REFERENCIAS.....	63

Índice de tablas

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE LA FAUNA DEL SUELO DE ACUERDO A DIFERENTES AUTORES Y CRITERIOS (ALAMILLA Y MAY, 2013).	5
TABLA 2. PARÁMETROS ANALIZADOS.....	29
TABLA 3. RESULTADO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (SALINIDAD) DE LOS SITIOS DE XAHUAXOL Y MAHAHUAL.	39
TABLA 4. RESULTADO DE LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS SITIOS DE XAHUAXOL Y MAHAHUAL.	40
TABLA 5. RESULTADO DE PH DE SUELO DE LOS SITIOS DE XAHUAXOL Y MAHAHUAL.	40
TABLA 6. RESULTADO DE LA TEXTURA DE LOS SITIOS DE XAHUAXOL Y MAHAHUAL.	41
TABLA 7. COLOR DEL SUELO EN SECO Y HÚMEDO.	42
TABLA 8. PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LOS SITIOS DE XAHUAXOL Y MAHAHUAL.....	42
TABLA 9. DISTRIBUCIÓN DE LA ABUNDANCIA ABSOLUTA Y ABUNDANCIA RELATIVA DE LAS FAMILIAS DE ACARI Y COLLEMBOLA COLECTADOS EN DOS LOCALIDADES DEL CARIBE MEXICANO: XAHUAXOL (X) Y MAHAHUAL (M).....	45
TABLA 10. RELACIÓN DE MICROARTRÓPODOS IDENTIFICADOS EN LAS COLECTAS Y SU ABUNDANCIA ABSOLUTA.	49
TABLA 11. DENSIDAD DE LOS MESES EN LOS SITIOS DE MUESTREO (XAHUAXOL Y MAHAHUAL).	54
TABLA 12. COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES ESTADÍSTICOS: DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (H'), EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DOMINANCIA DE SIMPSON (λ) EN LOS DOS SITIOS.....	54
TABLA 13. ANÁLISIS DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER (H'), EQUITATIVIDAD DE PIELOU (J') Y DOMINANCIA DE SIMPSON (λ) EN LOS MESES DE ABRIL Y SEPTIEMBRE.....	55
TABLA 14. COMPARACIÓN DE LOS ÍNDICES DE DIVERSIDAD DE SHANNON-WIENER MEDIANTE LA PRUEBA DE T DE STUDENT, UTILIZANDO LA CORRECCIÓN DE BONFERRONI ($\alpha=0.05/6=0.008$) S=SECAS, LL=LLUVIAS, *=DIFERENCIA SIGNIFICATIVA.....	56

Índice de figuras

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE COLECTA DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.	14
FIGURA 2. VEGETACIÓN DE MAHAHUAL QUINTANA Q. ROO. ABIGAIL A.C, 2018.	17
FIGURA 3. VEGETACIÓN DE XAHUAXOL, QUINTANA Q. ROO. ABIGAIL A.C, 2018.....	17
FIGURA 4. CONOCARPUS ERECTUS.	18
FIGURA 5. COCCOLOBA UVIFERA.....	18
FIGURA 6. RHYNCHOSPORA CYMOSA	18
FIGURA 7. THRINAX RADIATA.....	18
FIGURA 8. SISTEMA ARRECIFAL MESOAMERICANO.	19
FIGURA 9. FRANJA ARRECIFAL FRENTE A MAHAHUAL Y XAHUAXOL QUINTANA Q. ROO.....	19
FIGURA 10. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO POR MEDIO DE UNA LÍNEA RECTA DE DIEZ METROS. ABIGAIL A.C, 2018.	20
FIGURA 11. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE COLECTA EN LOS SITIOS DE MUESTREO. ABIGAIL A.C, 2018.	21
FIGURA 12. MARCO DE MADERA PARA LIMITAR EL ÁREA DE RECOLECTA. ABIGAIL A.C, 2018.....	21
FIGURA 13. ETIQUETADO DE LAS MUESTRAS. ABIGAIL A.C, 2018.	22
FIGURA 14. MÉTODO DE EMBUDOS DE BERLESE. ABIGAIL A.C, 2018.	24
FIGURA 15. REVISIÓN, SEPARACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE ORGANISMOS. ABIGAIL A.C, 2018.....	25
FIGURA 16. DISECCIÓN DE ORGANISMOS (UROPODINA). LABORATORIO DE MICROARTRÓPODOS EDÁFICOS, UQROO. VÁZQUEZ (2019).	26
FIGURA 17. PREPARACIONES SELLADAS Y ETIQUETADAS CON DATOS GEOGRÁFICOS (IZQUIERDA) Y DATOS TAXONÓMICOS (DERECHA). ABIGAIL A.C, 2018.....	27
FIGURA 18. MUESTRAS DE SUELO COLOCADAS EN BANDEJAS DE CARTÓN PARA SECARLAS BAJO SOMBRA. ABIGAIL A.C, 2018.....	27
FIGURA 19. (A) PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE SUELO POR EL TAMIZ DE NÚMERO 10 Y (B) SU COLOCACIÓN EN BOTES DE PLÁSTICO PARA CONSERVAR LAS MUESTRAS. ABIGAIL A.C, 2018.	28
FIGURA 20. DETERMINACIÓN DE PH MEDIANTE EL MÉTODO ELECTROMÉTRICO EN UNA SOLUCIÓN DE AGUA PURA. LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES, UQROO. ABIGAIL A.C. Y DR. P. FRAGOSO, 2018.....	30
FIGURA 21. (A) BOMBA DE VACÍO, (B) MATRAZ KITAZATO Y EMBUDO BÜCHNER. LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES, UQROO. ABIGAIL A.C, 2018.	30
FIGURA 22. ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA CON EL MÉTODO DE WALKLEY Y BLACK. COLOCACIÓN DE DICROMATO DE POTASIO. LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES. ABIGAIL A.C, 2018.....	31
FIGURA 23. ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA CON EL MÉTODO DE WALKLEY Y BLACK. TITULACIÓN DE LAS MUESTRAS. LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES. ABIGAIL A.C, 2018.	31

<i>FIGURA 24. DETERMINACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO DE BOUYOUCOS. LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES. ABIGAIL A.C, 2018.</i>	32
<i>FIGURA 25. TABLA MUNSELL PARA DETERMINACIÓN DE COLOR DEL SUELO. LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES. ABIGAIL A.C, 2018.</i>	34
<i>FIGURA 26. DETERMINACIÓN DE COLOR DE SUELO CON TABLA MUNSELL. LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES. ABIGAIL A.C, 2018.</i>	34
<i>FIGURA 27. ABUNDANCIA ABSOLUTA DE LOS ÁCAROS COLECTADOS EN DOS SITIOS DIFERENTES: XAHUAXOL (X) Y MAHAHUAL (M) QUINTANA ROO, MÉXICO.</i>	44
<i>FIGURA 28. ABUNDANCIA RELATIVA DE LOS ÁCAROS COLECTADOS EN DOS SITIOS DIFERENTES: XAHUAXOL (X) Y MAHAHUAL (M) QUINTANA ROO, MÉXICO.</i>	44
<i>FIGURA 29. ABUNDANCIA ABSOLUTA DE ÁCAROS RECOLECTADOS DURANTE DOS MESES EN DOS ÁREAS: XAHUAXOL Y MAHAHUAL, QUINTANA ROO, MÉXICO.</i>	48
<i>FIGURA 30. ABUNDANCIA ABSOLUTA DE LAS FAMILIAS DE ÁCAROS EN XAHUAXOL, QUINTANA ROO, MÉXICO COLECTADOS EN EL MES DE ABRIL Y EN EL MES DE SEPTIEMBRE DE 2018.</i>	52
<i>FIGURA 31. ABUNDANCIA ABSOLUTA DE LAS FAMILIAS DE ÁCAROS EN MAHAHUAL, QUINTANA ROO, MÉXICO COLECTADAS EN EL MES DE ABRIL Y EN EL MES DE SEPTIEMBRE DE 2018.</i>	53
<i>FIGURA 32. CORRELACIÓN ENTRE LA SALINIDAD, MATERIA ORGÁNICA, PH Y HUMEDAD EN EL MES DE SEPTIEMBRE CON LA ABUNDANCIA DE LA FAUNA EDÁFICA (ACARI Y COLLEMBOLA) EN XAHUAXOL (A-D) Y MAHAHUAL (E-H), QUINTANA ROO, MÉXICO.</i>	58
<i>FIGURA 33. CORRELACIÓN ENTRE LA ABUNDANCIA DE UROPODINA CON LA SALINIDAD EN MAHAHUAL, QUINTANA ROO, MÉXICO.</i>	59
<i>FIGURA 34. CORRELACIÓN ENTRE LA ABUNDANCIA DE UROPODINA CON LA MATERIA ORGÁNICA EN MAHAHUAL, QUINTANA ROO, MÉXICO</i>	59

1 INTRODUCCIÓN

El estudio sobre los recursos naturales que el Caribe Mexicano nos brinda es de suma importancia, ya que en esta zona se ubica uno de los destinos turísticos más importantes para el estado de Quintana Roo, aunque es un sitio que aún conserva un cierto grado de equilibrio ambiental, la instalación del muelle de cruceros en Mahahual y su avanzado desarrollo turístico ha acelerado las construcciones y por ende la destrucción de los ecosistemas especialmente manglares y dunas costeras.

Dicho desarrollo ha tenido más impacto en unos lugares que otros, como es el caso de Xahuaxol, que a pesar de estar cercano a la localidad de Mahahual presenta un estado de mejor conservación y ha sido poco impactado por el desarrollo procedente de la actividad turística y la urbanización.

Se sabe que el Caribe Mexicano se caracteriza por sus diversos hábitats, tanto terrestres como costeros, entre ellos albergan asociaciones de manglares con otras especies vegetales y que a su vez brindan una gran variedad de servicios ambientales por ejemplo; funcionan como protección, ya que suelen ser barreras contra huracanes e intrusión salina; controlan las inundaciones y la erosión; mantienen la calidad del agua; son zonas de alimentación, refugio y crecimiento de juveniles de crustáceos y alevines de importancia comercial, así como de otras especies silvestres; se utilizan como combustible (leña), como atractivos y de recreación entre otras funciones (CONABIO, s/f, 2009, 2010; Gaxiola, 2011; Granados-Sánchez et al., 1998).

En las costas de México predominan cuatro especies de mangle: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*) (CONABIO, 2009), dichas especies se pueden encontrar en el Caribe Mexicano. Cabe resaltar que los manglares son una formación vegetal leñosa, densa, arbórea o arbustiva en las que predominan distintas especies conocidas como mangle, que marcan la transición entre el mar y la tierra, representando un ecosistema con alta productividad y gran riqueza biológica.

Dentro de esta riqueza biológica se encuentran los microartrópodos edáficos y se ha visto que estos organismos están relacionados directamente con los factores físicos y químicos como la humedad, puesto que disminuyen en número en las épocas de sequía y aumentan en las lluvias (Gómez,1998); la temperatura, el pH, la cobertura vegetal, la materia orgánica y estructura del suelo (Alonso, 2015; Vázquez et al., 2011; Julca et al., 2006). Los grupos de microartrópodos edáficos que viven entre la hojarasca y el suelo de los manglares están adaptados a pasar temporadas sumergidos en agua como los Oribátidos.

Los ácaros Uropodina pertenecientes al grupo Mesostigmata y muchos otros organismos que habitan en el suelo están adaptados a cambios físicos y químicos en su ambiente, muchas veces por factores antropogénicos y por factores naturales. Los factores antropogénicos influyen de manera negativa en estos organismos, por otro lado, los factores ambientales naturales pueden influir de manera positiva, por ejemplo, el aporte de materia orgánica al medio favorece siempre a la abundancia de estos organismos.

De esta manera el propósito de este trabajo es determinar la riqueza y biodiversidad de la fauna edáfica vinculada a suelos de manglares y relacionar dichos indicadores con los contenidos de materia orgánica y consiguiente evaluar cómo los ácaros Uropodina contribuyen al enriquecimiento del contenido de materia orgánica y conservación de los suelos en los manglares.

1.1 La funcionalidad del suelo y su conservación

El suelo actúa como un sistema estático soportando las actividades humanas y como sistema dinámico en el que tienen lugar los procesos biogeoquímicos cruciales (Iturrondobeitia et al., 2004).

De acuerdo a estos autores las funciones naturales básicas del suelo pueden resumirse en las siguientes:

- Hábitat y soporte biológico: el suelo proporciona hábitat biológico para numerosos organismos. Además, es el punto de partida y destino final de la mayor parte de las actividades desarrolladas por el hombre.
- Componente del ciclo natural: es un protagonista activo en los ciclos químicos, de vital importancia en el equilibrio de la naturaleza, llevando a cabo funciones centrales de regulación dentro de los ecosistemas.
- Elemento filtrante, amortiguador y de transformación: una de las propiedades del suelo es la de ser filtro y amortiguador de sustancias, reteniéndolas mecánicamente o fijándolas por absorción.

1.2 Fauna del suelo

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos de la naturaleza y uno de los hábitats más diversos de la tierra (FAO, 2015), es aquí en donde se aprecia la importancia de la fauna del suelo, que es la encargada de los procesos de descomposición de la materia orgánica, de la aceleración y reciclaje de los nutrientes (Jaramillo, 2002; Julca et al., 2006).

Dichos organismos funcionan como bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo, al ser sensibles a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas del medio edáfico, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad (Socarrás, 2005). Por tal motivo, se consideran indicadores potencialmente poderosos, tanto de la naturaleza como de la perturbación del ecosistema (Behan-Pelletier, 1999).

Los organismos del suelo se han clasificado tomando en cuenta diversos criterios como son: su permanencia en el suelo (geobiontes o fauna permanente; periódicos o eventuales; geófilos o temporales y transitorios), su adaptación y preferencia al suelo (epiedáficos; hemiedáficos; euedáficos; troglomorfos y sinecomorfos), por su tamaño del cuerpo (microflora y microfauna; mesofauna y macrofauna) y por su régimen alimenticio (Macrofitófagos; microfitófagos; micófagos; depredadores o

zoófagos; necrófagos y coprófagos) (Palacios y Mejía, 2007; Domínguez et al., 2002) dicha clasificación se puede observar en la Tabla 1

Tabla 1. Clasificación de la fauna del suelo de acuerdo a diferentes autores y criterios (Alamilla y May, 2013).

CRITERIO	AUTOR	CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS
PERMANENCIA EN EL SUELO	Jacot (1940)	Geobiontes: Organismos que pasan todo su ciclo biológico en el suelo.	Ácaros y colémbolos
		Periódicos: Organismos que únicamente el adulto sale del suelo para reproducirse.	Prostigmados de la familia Trombididae
	Palacios (2007)	Geófilos: Organismos que pasan una parte de su vida en el suelo.	Coleópteros, hormigas, termitas, lepidópteros y dípteros
		Transitorios: Organismos que utilizan el suelo para hibernar.	
ADAPTACIÓN Y PREFERENCIA AL SUELO	Christiansen (1964)	Epiedáficos: Organismos que viven en la superficie del suelo y hojarasca.	Entomobryidae y Sminthuridae
	Rapoport (1969)	Hemiedáficos: Organismos que se encuentran el suelo orgánico.	Hypogastruridae
		Euedáficos: Organismos que se encuentran en el suelo mineral.	Onychiuridae
	Ponge (1999)	Troglomorfas: Organismos que se encuentran en las cuevas.	Arrhopalites
		Sinecomorfas: Organismos que se encuentran en los nidos de insectos sociales.	Cyphoderidae
TAMAÑO	Drift (1951)	Microfauna y microflora: Organismos menores de 0.2 mm.	Algas, hongos, protozoarios, ciertos grupos de ácaros y tardígrados
	Rapoport (1969)	Mesofauna: Organismos de 0.2 a 2 mm.	Colémbolos, ácaros, dipluros, proturos, pseudoescorpiones, arácnidos, pequeñas especies de coleópteros, diplopodos, quilópodos e isópodos
	Swift <i>et al</i> (1979)	Macrofauna: Organismos de 2 a 20 mm.	Hormigas, termitas, arácnidos, coleópteros, quilópodos, isópodos, lombrices, opiliones, larvas de insectos
	Kladivko (2001)		
RÉGIMEN ALIMENTICIO	Luxton (1972)	Macrofitófagos: Organismos que consumen restos de plantas superiores.	Ácaros
		Microfitófagos: Organismos que se nutren de microflora viva.	Oribatida (Liacaroidea)
		Micófagos: Organismos que se alimentan de hongos.	Uropodidae, Acarididae (Sancassania)
	Krantz y Lindquist (1979)	Depredadores o zoófagos: Organismos que consumen animales vivos que son atrapados por ellos mismos.	Arácnidos, insectos
		Necrófagos: Organismos que consumen carroña.	Dípteros, coleópteros
		Coprófagos: Organismos que se nutren de material fecal de diversos animales.	Coleópteros

En este trabajo se ha utilizado a los microartrópodos edáficos, como indicadores de calidad de suelos. Si bien es cierto que la biota del suelo está constituida por organismos muy exigentes en cuanto a la calidad de determinados microambientes como son la hojarasca y los distintos niveles del suelo y así como a su abundancia y diversidad de especies presentes en el suelo.

Entre los organismos que constituyen la fauna edáfica se encuentra un grupo de ácaros especializado en ambientes ricos en detritos. Estos ácaros pertenecen al grupo de ácaros Uropodina los cuales han sido propuestos como potenciales indicadores de la calidad de suelos ricos en humus y materia orgánica y por lo tanto suelos considerados como fértiles (Ruf, 1998; Vázquez et al., 2011).

De tal manera que el interés por el estudio de la biodiversidad que se encuentra en los ecosistemas de manglar puede contribuir como herramienta principal para el manejo y conservación de los mismos.

2 ANTECEDENTES

En un estudio de Rumania, Manu et al. (2015) correlacionaron las abundancias de ácaros mesostigmata y algunos factores ambientales del suelo en seis ecosistemas de pastizales sobrepastoreados, obteniendo el mayor número de especies y abundancia en ecosistemas con mayor contenido de agua en el suelo, de carbono y de Nitrógeno total, mientras que aquellos con alta temperatura y pH bajo, tuvieron el menor número de especies y abundancia de ácaros. Por lo que las variables ambientales influyen en las comunidades de ácaros y la presencia de ciertos organismos sensibles depende de los factores abióticos.

Con relación a la fauna edáfica Socarrás (2013); cita que, en 1977, Hermosilla, Reca, Pujalte y Rubio reportaron que los primeros aportes que se realizaron utilizando la mesofauna edáfica como indicadores biológicos a escala mundial, fueron en Argentina, ya que se estudiaron pastizales con distintos niveles de perturbación, encontrando que diversos organismos fueron impactados por el aumento de la compactación.

Con lo mencionado anteriormente, se han puesto en práctica casos de estudio en Argentina, de los cuales se dice que han sido los únicos estudios en el país donde se han desarrollado bioindicadores basados en la mesofauna y han sido probados en campo en distintas situaciones de manejo. Por lo tanto, los indicadores están siendo validados en otros sitios, con diferentes condiciones de suelo y de manejo (Bedano 2007).

Tal es el caso de Aoki que utilizó a los ácaros Oribátidos como bioindicadores para saber el impacto humano en varios entornos partiendo desde áreas urbanas hasta los bosques de Japón (Shimano, 2011).

Por su parte la INCA-Suelos (Indicadores De Calidad De Suelos), desde 1995 ha utilizado los indicadores físicos, químicos y biológicos, pretendiendo que los indicadores puedan ser usados por los manejadores como herramientas para la toma de decisiones (Bedano, 2007).

Anteriormente Socarrás (2005) evaluó a través del comportamiento de la acarofauna el efecto que produce la aplicación de los métodos de la agricultura orgánica con diferentes tipos de cultivos, comparándolo con cultivos perennes. En dicho trabajo destacó como buenos indicadores del estado del suelo a los Oribátidos, astigmados, prostigmados y gamasinos, así como a las relaciones oribátidos/astigmados, astigmados/gamasidos y oribátidos/prostigmados.

Posteriormente Bedano y Ruf (2007) indicaron que se han desarrollado indicadores de alta sensibilidad utilizando información a nivel de especies de colémbolos y ácaros oribátidos y mesostigmata (como se cita en Bedano, 2007).

Con respecto a Pepato y Da Silveira (2015) describieron dos especies de *Rhombognathus* (Halacaridae, Trombidiformes) a partir de algas asociadas a manglares en São Paulo Brasil.

Así pues Pfingstl (2017) realizó una revisión de la literatura de los ácaros asociados a la vida marina y menciona que la mayoría de las especies han desarrollado mecanismos de adaptación que les permiten sobrevivir en ambientes sumergidos en aguas salobres, tal es el caso de los ácaros Ameronothoidea. También menciona que las familias de ácaros muestran un patrón de distribución relacionada con el clima y por lo tanto pueden estar presentes en regiones templadas, polares y en áreas subtropicales y tropicales. En cuanto al transporte a otras islas remotas se debe a la dispersión de las aves y a través de las corrientes oceánicas.

Por otro lado, los ácaros mesostigmata como los Uropodina debido a las características y la sensibilidad que estos presentan hacia la calidad de los ciclos biogeoquímicos, se observan principalmente en el ambiente edáfico y muchos de ellos habitan ambientes ricos en materia orgánica en descomposición (estiércol, excrementos, madera, etcétera). Se encuentran en los nidos de insectos sociales y en madrigueras de pequeños mamíferos e inclusive algunas especies se han especializado en la vida de los humedales e incluso en la zona intermareal (Athias-Binche, 1981).

No obstante, a lo que corresponde a México, de acuerdo con Vázquez (2009) en su trabajo publicado “Microartrópodos edáficos litorales” la composición biótica asociada a la hojarasca y al suelo del litoral de la Bahía de Chetumal se ha estudiado muy poco.

Tomando en cuenta los trabajos de Thibaud & Palacios-Vargas, (2001), los cuales llevaron a cabo un estudio para conocer los colémbolos litorales de México con muestreos puntuales en varios sitios de las costas, tanto en el lado del Océano Pacífico como en lado de la costa del Océano Atlántico...sin embargo, en ese estudio no se incluyeron sitios de la Bahía de Chetumal (como cita Vázquez, 2009). Por lo tanto, el estudio sobre ácaros edáficos y colémbolos representa el primer registro de especies de microartrópodos que constituyen la fauna de microartrópodos litorales.

Cabe destacar que no existe este tipo de estudios en las zonas de Mahahual y Xahuaxol, por lo que este trabajo, sería de los primeros análisis realizados para dichas zonas del Caribe Mexicano.

De tal forma que el estudio del desarrollo de microhábitats y los cambios sucesionales en las comunidades de los organismos del suelo durante la descomposición de los materiales orgánicos en el suelo podrían proporcionar información útil para comprender el funcionamiento del ecosistema (Dey, et al., 2010).

3 JUSTIFICACIÓN

En los últimos años la actividad turística ha aumentado en el Caribe Mexicano, y con ello ha aumentado el impacto negativo a los ecosistemas debido al desarrollo de las comunidades.

En la Costa del Caribe Mexicano el impacto que se está ocasionando sobre los manglares es muy significativo ya que se está rellenando áreas importantes de la zona de manglar para ganar espacio y poder construir sobre estos espacios.

Un elemento muy importante para justificar la conservación de los manglares y humedales es la riqueza de especies y la Biodiversidad de los microartrópodos edáficos por lo que estudios enfocados a conocer y evaluar estos aspectos son muy necesarios.

Este proyecto tiene como objetivo principal conocer la riqueza y biodiversidad de la fauna edáfica asociada a suelos de manglares y relacionar estos indicadores con los contenidos de materia orgánica y por lo tanto evaluar cómo los ácaros Uropodina contribuyen al enriquecimiento del contenido de materia orgánica y conservación de los suelos en los manglares.

Los ácaros Uropodina, de acuerdo a Socarrás (2013), junto a los Oribátidos, se reportan como indicadores de suelos con alta productividad. Por lo que el estudio de sus variaciones constituye un criterio preciso del estado de salud del medio edáfico (Vázquez et al., 2011).

Este estudio generará información suficiente para proponer un manejo adecuado de los suelos en la costa y plantear estrategias que reduzcan el impacto de las actividades relacionadas con el turismo.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo principal

Determinar la riqueza y biodiversidad de ácaros Uropodina asociados a suelos de manglares y relacionar esta información al contenido de materia orgánica.

4.2 Objetivos particulares

- Identificar y cuantificar los organismos colectados correspondientes a los ácaros Uropodina.
- Determinar las familias y géneros de los ácaros Uropodina.
- Determinar la abundancia y la biodiversidad de los ácaros Uropodina en los diferentes sitios de manglares.
- Cuantificar el contenido de materia orgánica en los suelos estudiados.
- Relacionar la riqueza, abundancia y biodiversidad a los factores ambientales (temperatura, humedad, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica).
- Capturar y organizar la información en una base de datos.
- Determinar qué grupos de ácaros Uropodina son bioindicadores de altos contenidos de materia orgánica.

5 HIPÓTESIS

Los suelos de manglares contienen altos contenidos de materia orgánica, por lo tanto, se espera encontrar un alto valor de riqueza de especies y de Biodiversidad edáfica.

6 METAS

Generar una base de datos georreferenciada, con un listado de especies de ácaros Uropodina asociados a suelos de manglares colectados en dos localidades: Mahahual y Xahuaxol, del Caribe Mexicano.

7 ÁREA DE ESTUDIO

7.1 Ubicación geográfica

El estudio sobre fauna edáfica en suelos de manglar se realizó en el Estado de Quintana Roo ubicando dos localidades a lo largo del Caribe Mexicano (Figura 1).

Un sitio se localizó en el poblado de Mahahual siendo sus coordenadas geográficas (18° 43' 25.75823" N, 87° 42' 11.21072" W) UTM (425874.62 m E, 2070415.14 m N) y el otro sitio en Xahuaxol siendo sus coordenadas geográficas (18°29'52.197" N, 87°45'43.77708" W) UTM (419543.24 m E, 2045435.10 m N) pertenecientes al municipio de Othón P. Blanco.

Mahahual se encuentra a 141 km de Chetumal con una duración de dos horas aproximadamente por vía carretera Chetumal-Cancún, pasando los poblados de Huay Pix, Xul-Ha, por el municipio de Bacalar, el poblado de Buenavista, Pedro A. Santo y tomando las desviaciones de El Cafetal-Mahahual.

Mientras que Xahuaxol se encuentra a 168 km de Chetumal con una duración de 2 horas con 20min., y para llegar al sitio se toma la misma ruta que a Mahahual, sin embargo, se localiza a la mitad del camino entre Mahahual e Xcalak a 29 km. aproximadamente y después se toma una desviación por el camino denominado Xahuaxol 2.

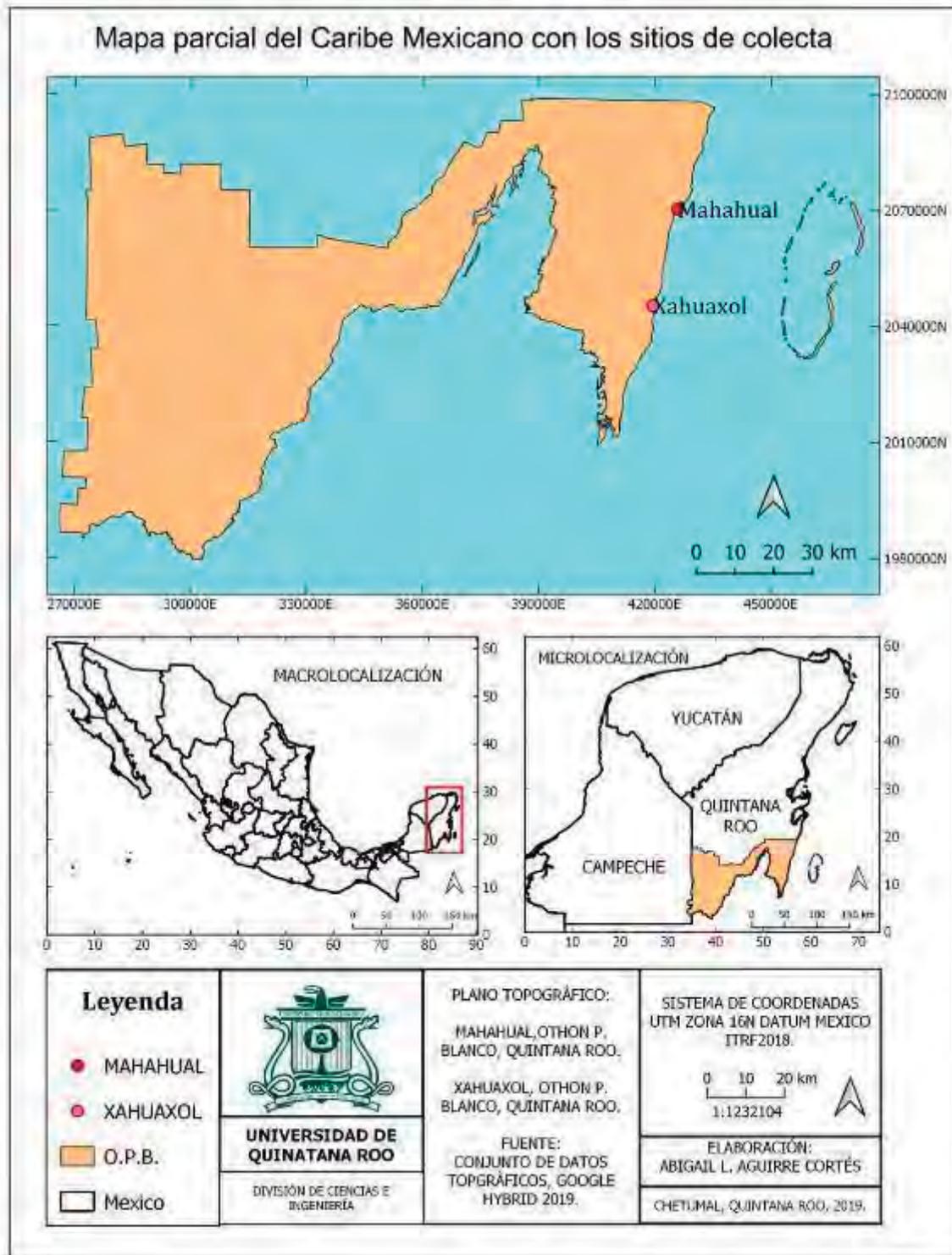


Figura 1. Ubicación de los sitios de colecta dentro del área de estudio.

7.2 Suelo

Por lo general los suelos que predominan en los sitios de muestreo son rendzinas o litosoles, también conocidos en otras clasificaciones como Leptosoles, entendiéndose por Leptosoles a los suelos que han tenido poca evolución y se desarrollan sobre sustrato calcáreo, por lo tanto, son poco profundos con espesores menores de 30cm, con contenido de materia orgánica de entre 6% y 15% (Conanp, s.f.), se caracterizan por ser pedregosos, arcillosos y su color varía entre rojizo a pardo. Tienen escasa retención de humedad debido a lo somero del suelo y alta cantidad de afloramientos rocosos (INEGI,2019).

7.3 Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen el clima que predomina sobre las zonas de estudio es Aw que corresponde a cálido subhúmedo, con variaciones en la presencia de lluvias invernales (García, 1981; INEGI, 2000 como cita SEMARNAT, 2014). De acuerdo a la modificación por Enriqueta García para los climas de la república mexicana, el clima es Aw₁, el cual de acuerdo por su temperatura parte de muy cálido a cálido, por su humedad se clasifica como subhúmedo con un nivel intermedio de humedad y presenta lluvias en verano (INEGI, s.f.).

De junio a octubre se presenta los vientos dominantes del Este, mientras que de enero a mayo los vientos del Sureste, de manera que se reconocen tres épocas climáticas: secas de febrero a mayo, lluvias de junio a septiembre y nortes de octubre a enero (Vázquez-Lule, A.D., 2009).

7.4 Temperatura

La temperatura promedio es de 28.5°C, con una máxima de 35.3°C en junio y una mínima de 14.2°C en diciembre y enero. Se presenta una altitud sobre el nivel medio

del mar de 5 m. elevándose hacia la zona de X'calak, al sur, hasta los 10 m. promedio. (Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2018).

7.5 Precipitación

Se registra una humedad entre el 80.9% en el mes de marzo y el 93% en el mes de julio, con una precipitación promedio anual de 1249 mm.

7.6 Relieve

Se presenta un tipo de relieve denominado planicie subhorizontal caracterizado por presentar pequeñas elevaciones que fluctúan entre los 5 y 10 m, siendo escaso el relieve montañoso.

7.7 Vegetación

La vegetación relacionada a la zona de Mahahual y Xahuaxol (Figura 2 y Figura 3) se encuentra formada por zonas de manglar, dunas costeras, sabanas y zonas de perturbación. Para dichas zonas de estudio la cobertura vegetal es principalmente manglar, selva baja subcaducifolia, así como vegetación secundaria arbustiva de selva mediana subperennifolia.



Figura 2. Vegetación de Mahahual Quintana Q. Roo. Abigail A.C, 2018.



Figura 3. Vegetación de Xahuaxol, Quintana Q. Roo. Abigail A.C, 2018.

Los ejemplares que se lograron observar son algunas especies de tallos leñosos como: el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el almendro (*Terminalia*

catappa), la uva de mar (*Coccoloba uvifera*) y palma de coco (*Cocos nucifera*) (Figura 4 y Figura 5)



Figura 4. *Conocarpus erectus*.



Figura 5. *Coccoloba uvifera*

También se puede encontrar especies arbustivas como: la palma de chit (*Thrinax radiata*); así como Individuos herbáceos como: *Rhynchospora cymosa* y *Sporobolus virginicus* (Figura 6 y Figura 7)



Figura 6. *Rhynchospora cymosa*



Figura 7. *Thrinax radiata*

7.8 Medio Natural

A lo largo de la costa de Mahahual y sobre la plataforma continental, se ubica una barrera arrecifal discontinua con múltiples y variadas quebradas y piedras semisumergidas, conformando un canal cuya superficie varía a lo largo de entre 0.5 metros y hasta 200 metros (Ayuntamiento de Othón P. Blanco, 2018).

La franja de Xahuaxol (Figura 9) comprende 2 km de costa a partir de Xahuaxol Norte ($18^{\circ}30'55''$ N – $87^{\circ}45'02''$ W), y termina en Xahuaxol Sur ($18^{\circ}29'55''$ N – $87^{\circ}45'22''$ W). Cabe señalar que 150 m. del área que cubre Xahuaxol pertenecen al Parque Nacional del Arrecife de Xcalak y que forma parte del Arrecife Mesoamericano (Figura 8) y del Caribe, siendo este el mayor sistema Arrecifal en el Atlántico.



Figura 8. Sistema Arrecifal Mesoamericano.
© WWF Guatemala.



Figura 9. Franja arrecifal frente a Mahahual y Xahuaxol Quintana Q. Roo.

8 METODOLOGÍA

8.1 Trabajo de campo

8.1.1 Selección del área de estudio

Se seleccionaron dos asociaciones de manglares, una localizada en Xahuaxol, y otra localizada en la entrada de Mahahual, procurando que en cada una de ellas predominara una de las especies de mangle presentes en el área: mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle rojo (*Rhizophora mangle L.*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*).

En el campo se delimitó el área de estudio por medio de una línea recta de diez metros (Figura 10), por cada sitio se asignaron seis puntos de muestreo con intervalos de un metro entre dos puntos consecutivos (Figura 11), en los cuales se tomaron muestras de hojarasca y de suelo procurando la presencia de algún tipo de mangle dentro del área.



Figura 10. Delimitación del área de estudio por medio de una línea recta de diez metros.
Abigail A.C, 2018.

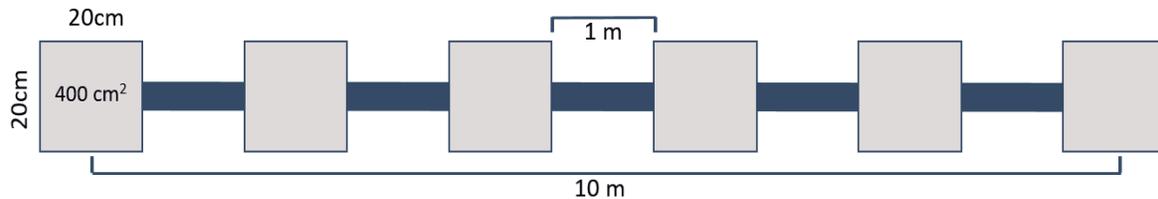


Figura 11. Delimitación del área de colecta en los sitios de muestreo. Abigail A.C, 2018.

Para el estudio de la fauna de microartrópodos edáficos se obtuvieron seis muestras de hojarasca por sitio mediante cuadrantes de 20 x 20 cm, para delimitar el área se utilizó un marco de madera (Figura 12) el cual se colocaba en el sitio donde se iba a colectar la hojarasca, levantando la capa de la hojarasca a una profundidad de hasta 10 cm a nivel de suelo orgánico, a partir de este nivel se tomaron muestras para el estudio de las características físico-químicas de suelos en cada sitio y en los mismos cuadrantes que se colectó manualmente la hojarasca y material vegetal, con ayuda de una pala se tomaron seis muestras de suelo por sitio de los primeros 30 cm de profundidad.



Figura 12. Marco de madera para limitar el área de recolecta. Abigail A.C, 2018.

Posteriormente las muestras se depositaron en bolsas de polietileno etiquetándolas (Figura 13) con información del lugar de colecta, fecha, tipo de vegetación,

coordenadas, tipo de muestra y nombre del colector, dichas muestras se transportaron al Laboratorio de Microartrópodos Edáficos y al Laboratorio de Recursos Naturales de la Universidad de Quintana Roo.



Figura 13. Etiquetado de las muestras. Abigail A.C, 2018.

8.1.2 Medición de temperatura y coordenadas geográficas

Mientras se realizó la colecta, se midió la temperatura mediante un termómetro de campo que fue introducido a unos 4 centímetros aproximadamente en el suelo de cada sitio de estudio y se tomaron las coordenadas geográficas con un GPS marca Garmin eTrex Legend H.

8.1.3 Períodos de colecta

Se realizaron colectas en Xahuaxol y Mahahual en el mes de abril correspondiente a la época de sequías y en el mes de septiembre correspondiente a la época de lluvias durante el año 2018, colectándose un total de 24 muestras.

8.2 Trabajo de laboratorio

8.2.1 Extracción de organismos edáficos

Una vez que se obtuvieron las muestras de hojarasca y fueron transportadas al Laboratorio de Microartrópodos Edáficos de la Universidad de Quintana Roo, fueron procesadas por medio del Método de embudos de Berlese (Krantz, 1978) para la extracción de la fauna edáfica presente (Figura 14).

Este método consiste en colocar las muestras sobre un embudo, el cual en la parte superior tiene una malla de plástico mosquitero y un aro metálico con una malla de alambre, el cual debe colocarse del lado más amplio del embudo; las muestras de hojarasca se colocan sobre las mallas del embudo y la fauna presente descenderá a la parte inferior del embudo debido al fototropismo negativo que los organismos presentan, ya que conforme se va secando la superficie de la muestra los organismos tienden a migrar hacia zonas más profundas buscando las partes más húmedas, por lo cual los organismos descenderán por el embudo y caerán al frasco colector (Gómez, Anaya, J. A., 1998; Vázquez, 1999).

En la parte inferior del embudo se coloca un frasco colector con alcohol al 70%, debidamente etiquetado con los datos de la colecta como: el nombre del lugar donde se colectó, la fecha de colecta, las coordenadas, el tipo de vegetación presente y el nombre del colector. Las muestras se colocaron en los embudos sin fuente de luz aproximadamente de cinco a siete días.



Figura 14. Método de embudos de Berlese. Abigail A.C, 2018.

8.2.2 Revisión, separación y cuantificación de organismos

Las muestras fueron revisadas con ayuda de un microscopio estereoscópico para separar y cuantificar los organismos encontrados (Figura 15). Los ácaros cuantificados e identificados se depositaron en viales etiquetados por un lado con los datos del nombre del lugar donde se colectó, fecha de colecta, tipo de vegetación presente y por el otro con el nombre del taxón al que se logró identificar el organismo siempre procurando alcanzar un nivel taxonómico mayor como familia, género e inclusive a especie, utilizando las claves taxonómicas de Balogh & Balogh 1992, 1998a, 1998b; así como Krantz 1978.



Figura 15. Revisión, separación y cuantificación de organismos. Abigail A.C, 2018.

8.2.3 Preparaciones

Para la identificación a nivel de especie fue necesario realizar preparaciones permanentes con algunos ejemplares.

Para el caso de los ácaros Uropodina fue necesario seguir los siguientes pasos:

- Los organismos colectados se colocaron en ácido láctico para la maceración de los tejidos y el contenido del tracto digestivo, esto por dos días o hasta por dos semanas (dependiendo del grado de esclerosamiento de la cutícula de los organismos).
- Una vez aclarados los organismos, se enjuagaron en agua destilada para eliminar los residuos del ácido láctico (Vázquez, M., 2012).
- Cuando los organismos fueron enjuagados se colocaron sobre una gota de “Hoyer” que previamente se colocó sobre un portaobjetos limpio, cuidando que la gota quedara en el centro del mismo.
- Debido a que estos organismos requieren ser disectados (Figura 16) para su identificación, en los mesostigmata con la ayuda de agujas de disección muy finas, se separa la parte dorsal de la ventral y el gnatosoma insertando una aguja en la parte media lateral del ejemplar evitando estropear al ejemplar (Palacios y Mejía, 2007). El organismo se colocó lo mejor extendido posible,

mientras que sus estructuras bucales se colocan en otro portaobjeto con su respectiva identificación para evitar confusiones entre los organismos.

- Posteriormente se colocó un cubreobjetos al organismo cuidando que no se formen burbujas a la preparación, para evitar que se dañe.
- Una vez terminado el montaje, las preparaciones se secaron en una estufa a una temperatura constante de 40° a 50°C por una semana para que el “Hoyer” seque perfectamente (Vázquez, M., 2012).
- Cuando las preparaciones se secaron, se procedió a sellarlas con Glyptal que es un barniz que al sellar evita que la preparación se vuelva a hidratarse.

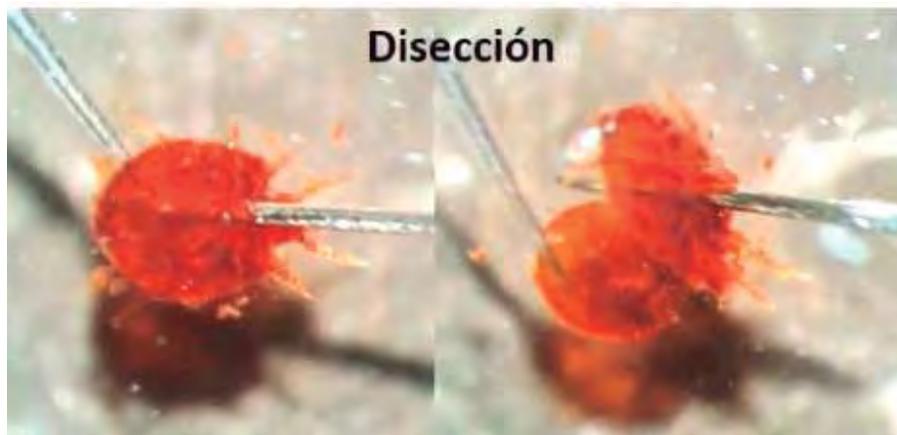


Figura 16. Dissección de organismos (Uropodina). Laboratorio de Microartrópodos Edáficos, UQROO. Vázquez (2019).

Ya que se tuvieron las preparaciones listas, se prosiguió con la colocación de etiquetas por ambos lados en el portaobjetos que contienen los organismos identificados, en el lado izquierdo de la preparación se coloca una etiqueta que contiene los datos geográficos del sitio de colecta como: las coordenadas del sitio, el nombre del lugar de la colecta, la fecha de colecta, la vegetación presente y el nombre del colector; y del lado derecho lleva otra etiqueta con los datos taxonómicos del ejemplar como: la familia, género o especie al que se logró identificar, así como las características que se observaron del organismo (Figura 17).



Figura 17. Preparaciones selladas y etiquetadas con datos geográficos (izquierda) y datos taxonómicos (derecha). Abigail A.C, 2018

8.2.4 Análisis de suelos

Para el estudio fisicoquímico de las muestras de suelo de donde se obtuvo la fauna edáfica, se requirió de su transporte al Laboratorio de Recursos Naturales de la Universidad de Quintana Roo, en donde fueron puestas en una báscula para la medición en húmedo y posteriormente estas se depositaron en bandejas de cartón bajo sombra sin exposición al sol (Figura 18), para eliminar la humedad, las muestras de suelo que contenían piedras fueron molidas con la ayuda de un rodillo de madera y se eliminó cualquier raíz que lograra haberse quedado.



Figura 18. Muestras de suelo colocadas en bandejas de cartón para secarlas bajo sombra. Abigail A.C, 2018.

Después de que las muestras se habían secado, se pesaron de nuevo para obtener su valor en seco y seguidamente se pasaron por medio de un tamiz del número 10 (Figura 19).

Para la determinación del contenido de humedad del suelo, se realizó el método gravimétrico que se basa en la medición o determinación de la cantidad de agua expresada en gramos que contiene una muestra de suelo húmedo, la determinación de la masa de agua se realizó por la diferencia en peso entre la masa de suelo húmedo y la masa de suelo seco de cada muestra.

Una vez procesadas las muestras se colocaron en botes de plástico y de igual manera que al inicio, se etiquetaron con los datos de identificación como son el nombre del lugar de colecta, la fecha, el tipo de muestra y el nombre del colector (Figura 19).



Figura 19. (A) Procesamiento de las muestras de suelo por el tamiz de número 10 y (B) su colocación en botes de plástico para conservar las muestras. Abigail A.C, 2018.

Los análisis de las variables fisicoquímicas del suelo se llevaron a cabo de acuerdo a las técnicas que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros analizados

PARÁMETRO	NORMA OFICIAL MEXICANA UTILIZADA
PH	NOM-021-RECNAT-2000-AS-02
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (SALINIDAD)	NOM-021-RECNAT-2000-AS-18
MATERIA ORGÁNICA	NOM-021-RECNAT-2000-AS-07
TEXTURA	NOM-021-RECNAT-2000-AS-09
COLOR	NOM-021-RECNAT-2000-AS-22

8.2.4.1 *pH (Acidez-Alcalinidad)*

Se determinó el pH mediante el método electrométrico en una solución de agua pura, de acuerdo a la AS-02 de la NOM-021. Se sabe que el pH es una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis químicos rutinarios del suelo, ya que controla reacciones químicas y biológicas del suelo.

Por lo tanto, una vez que se obtuvieron las muestras de suelo seco y tamizado, se pesaron 20 gr. de suelo para lo cual se depositaron en vasos de precipitados de forma triplicada, luego se adicionó 40 ml de agua destilada a cada vaso que contenía los gramos de suelo y con una varilla de vidrio se agitó manualmente la muestra durante 30 min con intervalos de 5 min para cada vaso, una vez transcurrido dicho tiempo la mezcla se dejó reposar durante 15 min. Pasados los 15 min se agitó nuevamente la mezcla de suelo y se introdujo el electrodo en la muestra y se procedió a realizar la lectura con el medidor de pH (Figura 20).



Figura 20. Determinación de pH mediante el método electrométrico en una solución de agua pura. Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Abigail A.C. y Dr. P. Frago, 2018.

8.2.4.2 Conductividad eléctrica (salinidad)

Para el análisis de la medición de la conductividad eléctrica, de acuerdo a la AS-18 de la NOM-021, las muestras de suelo que se utilizaron para el análisis de pH, se retomaron y se utilizaron para hacer este análisis. Por lo tanto, de nuevo se agitaron las muestras por 1 hora, luego se hizo la extracción del líquido, esto fue mediante la utilización de una bomba de vacío, un matraz Kitazato, un embudo Büchner y algunos filtros (Figura 21).

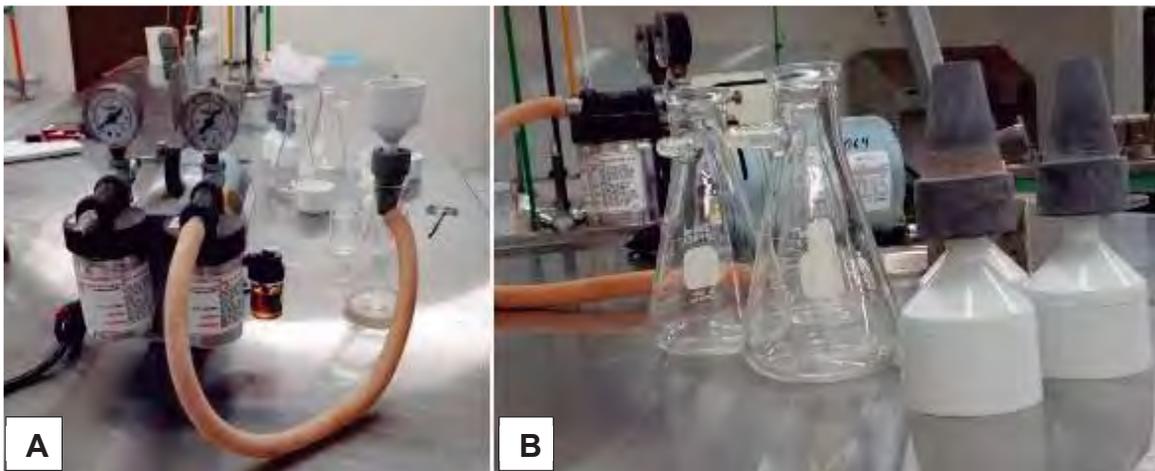


Figura 21. (A) Bomba de vacío, (B) Matraz Kitazato y Embudo Büchner. Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Abigail A.C, 2018.

Una vez que se obtuvo el líquido filtrado se colocó en vasos de precipitado y se agregó una gota de Hexametáfosfato de sodio, se agitó, se introdujo el electrodo en el líquido y se procedió a realizar la lectura de la conductividad eléctrica.

8.2.4.3 Materia Orgánica

El análisis de materia orgánica se realizó de acuerdo a la AS-07 de la NOM-021, a través del contenido de carbón orgánico con el método de Walkley y Black, basado en la oxidación del carbón orgánico de suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio (Figura 22) y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado.



Figura 22. Análisis de materia orgánica con el método de Walkley y Black. Colocación de dicromato de potasio. Laboratorio de Recursos Naturales. Abigail A.C, 2018.



Figura 23. Análisis de materia orgánica con el método de Walkley y Black. Titulación de las muestras. Laboratorio de Recursos Naturales. Abigail A.C, 2018.

Después de reposar 20 minutos, la mezcla se diluye y se adiciona ácido fosfórico para evitar interferencias de Fe^{3+} y el dicromato de potasio residual es valorado con sulfato ferroso. Con este procedimiento se detecta entre un 70 y 84% del carbono orgánico total por lo que es necesario introducir un factor de correlación (Figura 23).

8.2.4.4 Textura (método Bouyoucos)

Para la determinación de la textura del suelo se realizó mediante el procedimiento de Bouyoucos de acuerdo a la AS-09 de la NOM-021. La textura del suelo se define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas. Proporciona una idea general de las propiedades físicas del suelo. El método elimina la agregación debida a la materia orgánica y a la floculación debida a los cationes de calcio y magnesio.

La textura se realizó mediante el método Bouyoucos (Figura 24), el cual consiste en pesar 60 g de suelo de textura fina en un vaso de precipitado de 500ml, se agrega 40 ml de agua oxigenada y poner a evaporar hasta sequedad, se agregan otros 40 ml y se observa la reacción y nuevamente se evapora.



Figura 24. Determinación de la textura del suelo mediante el procedimiento de Bouyoucos. Laboratorio de Recursos Naturales. Abigail A.C, 2018.

Luego se pesan 50 g de suelo y se pone en un vaso de precipitado de 250 ml, se adiciona agua destilada hasta cubrir la superficie con una lámina de 2 cm, se le agrega 5 ml de oxalato de sodio y 5 ml de hexametáfosfato de sodio y se deja reposar durante 15 minutos.

Se pasan las muestras a las copas de un agitador mecánico y se procede a dispersar durante cinco minutos, al finalizar el tiempo de agitación, se coloca el contenido en una probeta de 1000 ml enjuagando la copa con ayuda de una piceta, y se agrega agua destilada hasta completar un litro, con ayuda de un agitador de mano se suspende la muestra agitando durante un minuto.

Por último, se coloca el hidrómetro dentro de la suspensión y se toman las lecturas del hidrómetro a los 40 segundos y después de 2 horas de haber terminado la dispersión con el agitador de mano.

Para tomar la lectura, se debe colocar el hidrómetro dentro de la probeta 20 segundos antes del momento de la determinación, cuidando de alterar lo menos posible la suspensión, después de hacer la lectura se seca el hidrómetro, se lava, se seca y se toma la temperatura. Si por alguna razón al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro, se agregan unas gotas de etanol.

Para finalizar, con los porcentajes de limo, arena y arcilla se determina la textura correspondiente con el triángulo de texturas.

8.2.4.5 Color

La determinación del color se realizó a través del método AS-22 de la NOM-021, utilizando la Tabla Munsell (Figura 25), dicho método determina el color de los suelos minerales y orgánicos, esto se basa en el igualamiento del color observado en el suelo tanto en seco como en húmedo (Figura 26) respecto al color registrado en las tarjetas de color, ubicadas en cada una de las páginas de la Carta Munsell, donde se manejan los parámetros de matiz (Hue), intensidad (Value) y tono (Chroma).

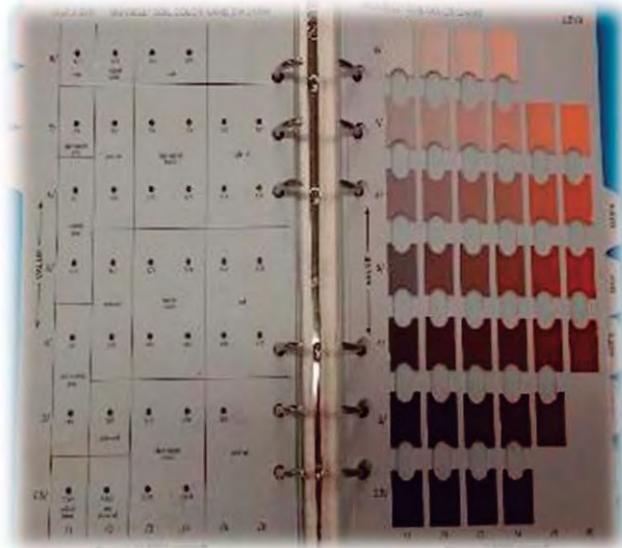


Figura 25. Tabla Munsell para determinación de color del suelo. Laboratorio de Recursos Naturales. Abigail A.C, 2018.

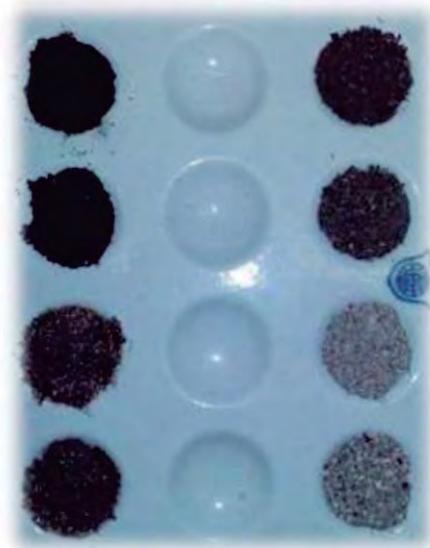


Figura 26. Determinación de color de suelo con tabla Munsell. Laboratorio de Recursos Naturales. Abigail A.C, 2018.

8.3 Análisis estadísticos

Para la elaboración de los análisis estadísticos se recurrió a la implementación de diversos índices para una mejor interpretación de los datos resultantes de los muestreos. Se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), equidad de Pielou (J') y la dominancia de Simpson Simpson (λ).

Los datos de los organismos identificados y cuantificados fueron capturados en una base de datos en hoja de cálculo Excel y posteriormente para realizar los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico PAST.

Para obtener los índices de riqueza de especies (número de especies) se cuantificó el total de especies de cada grupo para cada sitio de estudio, para la abundancia (número de individuos por muestra) con la cuantificación de los organismos pertenecientes a cada grupo por muestra y para la distribución geográfica con la revisión bibliográfica de las especies que se han reportado para otras regiones del mundo y la comparación de esta información con los resultados que se obtuvieron en este estudio (Vázquez M.M., et al., 2011).

En cuanto a la distribución de los datos de abundancia y diversidad fue necesario corregir los datos mediante la ecuación $\sqrt{(x + 0.5)}$ de acuerdo a Zar (1984) con el fin de normalizarlos.

8.3.1 Abundancia relativa (%)

La abundancia relativa (%) permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales, para ello se cuantificó el número de especies (Moreno, 2001).

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

Donde:

n= total de individuos que presenta cada taxa.

N= total de individuos presentes.

8.3.2 Riqueza específica (S)

Es el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.

8.3.3 Densidad (ind/m²)

Es el número de organismos por unidad de área.

8.3.4 Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')

Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa, es decir, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes (Pla, 2006). 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:

pi= abundancia relativa de la especie i

Para probar la hipótesis nula de que las diversidades provenientes de las dos muestras son iguales, seguimos el procedimiento propuesto por Hutcheson en 1970 (citado por Zar, 1996).

Índice de diversidad ponderado

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

Donde:

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

Varianza del índice de diversidad 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

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

Los índices de libertad de Shannon se compararon mediante una prueba de t de Student modificada (Zar, 1984) utilizando la corrección de Bonferroni, calculando los grados de libertad.

Valor de t

$$t = \frac{H\rho_1 - H\rho_2}{Dvar}$$

Grados de libertad asociados con el valor de t

$$g.l. = \frac{(var_1 + var_2)^2}{(var_1^2 / N_1) + (var_2^2 / N_2)}$$

8.3.5 Equidad de Pielou (J')

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

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

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

8.3.6 Índice de dominancia de Simpson (λ).

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1-\lambda$ (Lande, 1996).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

P_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

8.3.7 Regresiones lineales

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 (variables dependiente o endógena) dependen o están influidos por los valores de otra variable, X (variables independiente o exógena). En el caso en que pueda suponerse una relación lineal de dependencia, esta podrá sintetizarse mediante un modelo de regresión (Riera, 2001). Por lo tanto, se realizó la regresión lineal para relacionar la riqueza y la abundancia de la fauna edáfica con las propiedades físico-químicas del suelo estudiado.

9 RESULTADOS EDAFOLÓGICOS

En cuanto a los análisis físico-químicos de suelos que se realizaron, se obtuvo que la conductividad eléctrica mostró variaciones en las zonas estudiadas ya que en la zona de Xahuaxol se presentaron valores menores a 1, lo que indica que los efectos de salinidad son bajos, mientras que para Mahahual sucedió lo contrario y se presentaron valores por encima de 5, lo que indica que los efectos de salinidad son mayores que en la zona de Xahuaxol (*Tabla 3*).

Tabla 3. Resultado de la conductividad eléctrica (salinidad) de los sitios de Xahuaxol y Mahahual.

Muestra	Conductividad eléctrica	Efectos
1	0.45	Efectos despreciables de la salinidad
2	0.35	Efectos despreciables de la salinidad
3	1.12	Muy ligeramente salino
4	0.53	Efectos despreciables de la salinidad
5	0.51	Efectos despreciables de la salinidad
6	0.54	Efectos despreciables de la salinidad
7	7.65	Suelo salino
8	8.28	Fuertemente salino
9	5.59	Suelo salino
10	11.16	Fuertemente salino
11	8.85	Fuertemente salino
12	8.93	Fuertemente salino

**Del 1 al 6 representa la zona de Xahuaxol y del 7 al 12 representa la zona de Mahahual.*

Cabe mencionar que por ser un muestreo donde se recolecta materia orgánica las zonas estudiadas ya presentan elevados contenidos de carbono orgánico, sin embargo, los resultados del muestreo en comparación con los valores de clasificación de la NOM-021-RECNAT-2000-SA-07 para suelos no volcánicos como los suelo del estado de Quintana Roo, presentaron muy altos niveles de materia

orgánica para las dos áreas de estudio, siendo el sitio de Mahahual con los contenidos de materia orgánica muy altos sobresaliendo en comparación con el contenido de materia orgánica que se obtuvo en la zona de Xahuaxol (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado de la materia orgánica de los sitios de Xahuaxol y Mahahual.

MUESTRA	MATERIA ORGÁNICA
1	6.81
2	6.45
3	8.79
4	5.47
5	22.86
6	8.43
7	21.52
8	23.04
9	28.87
10	26.72
11	22.50
12	17.48

**Del 1 al 6 representa la zona de Xahuaxol y del 7 al 12 representa la zona de Mahahual.*

Por otro lado, los análisis demostraron que el suelo de las zonas de Xahuaxol y Mahahual presentan un pH entre 7.18 y 7.42 (Tabla 5) que va del neutro principalmente a medianamente alcalino de acuerdo a la clasificación de la NOM-021-RECNAT (2000).

Tabla 5. Resultado de pH de suelo de los sitios de Xahuaxol y Mahahual.

Muestra	pH	Clasificación
1	7.21	Neutro
2	7.42	Medianamente alcalino
3	7.18	Neutro
4	7.31	Neutro
5	7.21	Neutro
6	7.26	Neutro

**Del 1 al 6 representa la zona de Xahuaxol*

Continuación...

Muestra	pH	Clasificación
7	7.22	Neutro
8	7.35	Neutro
9	7.22	Neutro
10	7.19	Neutro
11	7.26	Neutro
12	7.42	Medianamente alcalino

**Del 7 al 12 representa la zona de Mahahual.*

De acuerdo a la textura, los suelos de las zonas estudiadas presentan altos contenidos de arena y se clasifican de acuerdo a su textura como arenosos y francos arenosos, por lo que ambos sitios tienen una similitud de texturas (Tabla 6).

Tabla 6. Resultado de la textura de los sitios de Xahuaxol y Mahahual.

TEXTURA	SITIO			
	Xahuaxol		Mahahual	
ARENA	90.88	85.88	83.88	93.88
ARCILLA	7.12	8.12	8.12	6.12
LIMO	2	6	8	0
	Arenoso	Franco arenoso	Arenoso	Franco arenoso

En cuanto al análisis del color de suelo, sabiendo que la medida del color no describe directamente percepciones de color, sino la relación entre el fenómeno psicológico (color) con el fenómeno físico (flujo luminoso, longitud de onda, etc.) que provoca la percepción (Domínguez et al., 2011).

Para este estudio se encontró diferencia de color entre los sitios muestreados, en Xahuaxol se presentaron coloraciones partiendo del gris al gris oscuro en seco y de café rojizo oscuro a gris oscuro en húmedo, mientras que en Mahahual el color en seco fue de café oscuro a muy oscuro y en húmedo el color negro fue el predominante (Tabla 7), estas coloraciones oscuras indican que existe una acumulación de humus, por lo que se puede decir que estos suelos contienen altos

niveles de materia orgánica, resultado que se puede afirmar con el análisis de materia orgánica anteriormente mencionado.

Tabla 7. Color del suelo en seco y húmedo.

COLOR		
Muestra	Seco	Húmedo
1	Gris	Gris oscuro
2	Gris rojizo oscuro	Gris
3	Gris oscuro	Gris rojizo oscuro
4	Gris	Gris oscuro
5	Gris rojizo	Café rojizo oscuro
6	Gris claro	Gris muy oscuro
7	Café muy oscuro	Negro
8	Café muy oscuro	Negro
9	Gris muy oscuro	Negro
10	Café oscuro	Negro
11	Café oscuro	Negro
12	Café oscuro	Café muy oscuro

**Del 1 al 6 representa la zona de Xahuaxol y del 7 al 12 representa la zona de Mahahual.*

Dichos suelos estudiados presentaron entre el 10% y el 52% de humedad (Tabla 8), siendo la zona de Mahahual la que presentó mayor humedad en comparación de la zona de Xahuaxol.

Tabla 8. Porcentaje de humedad en los sitios de Xahuaxol y Mahahual.

% HUMEDAD			
Muestra	XAHUAXOL	Muestra	MAHAHUAL
1	16	7	38
2	15	8	48
3	11	9	52
4	17	10	50
5	13	11	49
6	10	12	45

**Del 1 al 6 representa la zona de Xahuaxol y del 7 al 12 representa la zona de Mahahual.*

10 RESULTADOS ESTADÍSTICOS

10.1 Abundancia y riqueza

Se colectaron un total de 14,313 ejemplares correspondientes a 24 muestras. Los organismos pertenecen a 74 familias de Acari y Collembola, siendo los Oribátidos con el mayor número de familias (38), seguido de los Prostigmata con 15 familias, los Mesostigmata con 12 familias, de las cuales 4 familias pertenecen a los Uropodina y por último se encuentran los Collembolos con 5 familias (Tabla 9).

Cabe destacar que de los 14,313 ejemplares existieron 635 que no se pudieron identificar a nivel de familia debido a la etapa de desarrollo en la que se encontraban sólo se identificaron a grandes taxones de Astigmata, Mesostigmata, Prostigmata y Oribátida, por lo tanto, no se consideraron en los análisis a nivel de familia en este estudio, resultando un total de 13,678 ejemplares completamente identificados a nivel familia e incluso a especie.

De los 13,678 organismos restantes y considerados para este estudio, Xahuaxol registro 9,279 individuos agrupados en 62 familias y Mahahual registro 4,399 organismos representados en 49 familias (Figura 27. Abundancia absoluta de los ácaros colectados en dos sitios diferentes: Xahuaxol (X) y Mahahual (M) Quintana Roo, México. Estas abundancias representan el 68% y el 32% respectivamente del total colectado (Figura 28. Abundancia relativa de los ácaros colectados en dos sitios diferente: Xahuaxol (X) y Mahahual (M) Quintana Roo, México.; siendo Xahuaxol el sitio que presenta mayor abundancia de ácaros.

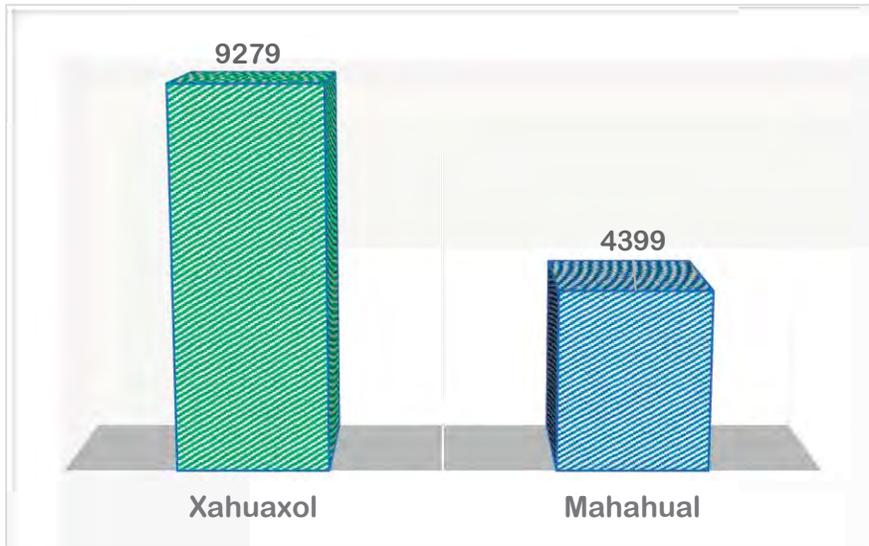


Figura 27. Abundancia absoluta de los ácaros colectados en dos sitios diferentes: Xahuaxol (X) y Mahahual (M) Quintana Roo, México.

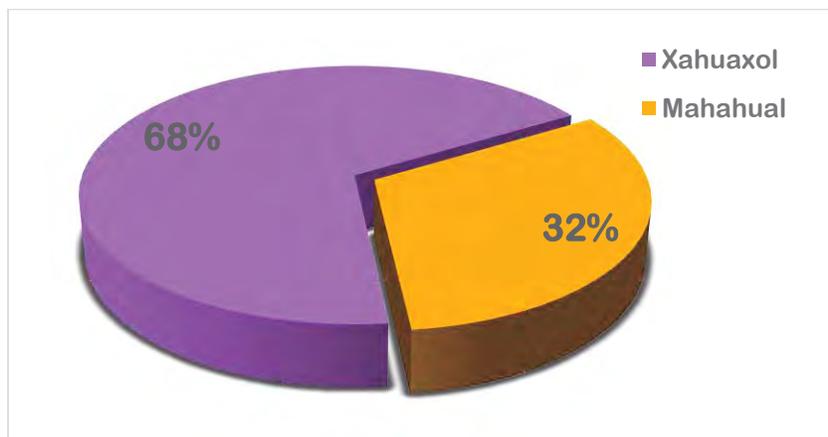


Figura 28. Abundancia relativa de los ácaros colectados en dos sitios diferente: Xahuaxol (X) y Mahahual (M) Quintana Roo, México.

Algunas familias se presentaron exclusivamente en el sitio de Xahuaxol, estas fueron: Ichthyostomatogasteridae, Macrodynychidae, Phytoseioidae, Sejidae, Urodynychidae, Cosmochthoniidae, Damaeolidae, Dampfiellidae, Eremobelbidae, Hermaniellidae, Licnodamaeidae, Microtegeidae, Oribatellidae, Pherelioididae, Plateremaeidae, Prothoplophoridae, Sphaerochthoniidae, Terpnacaridae, Zetorchestidae, Bdellidae, Grandjeanicidae, Scutacaridae, Smaridiidae, Dinychidae, Oplitidae, y en Mahahual las familias exclusivas que se encontraron fueron:

Pachylaelapidae, Parasitidae, Trachyuropodidae Eremaezeteidae, Microzetidae, Nanhermanniidae, Protoribatidae, Barbutidae, Calyptostomatidae, Cheyletidae, Paratydeidae y Tetranychidae (Tabla 9).

Las familias más representativas fueron: Sminthuridae (2390), Isotomidae (956), Trhypochthonidae (1378), Xylobatidae (960), y Sphaerochthoniidae (930); mientras que las menos abundantes fueron: Ichthyostomatogasteridae (1), Macrodinychidae (1), Phytoseioidae (1), Sejidae (1), Trachyuropodidae (1), Eremaezeteidae (1), Microzetidae (1), Nanhermanniidae (1), Pherelioididae (1), Plateremaeidae (1), Protoribatidae (1), Terpnacaridae (1), Barbutidae (1), Cheyletidae (1), Tetranychidae (1) y Oplitidae (1) (Tabla 9).

Tabla 9. Distribución de la abundancia absoluta y abundancia relativa de las familias de Acari y Collembola colectados en dos localidades del Caribe Mexicano: Xahuaxol (X) y Mahahual (M).

ORDEN	FAMILIA	X	M	TOTAL	% X	% M	TOTAL %
COLLEMBOLA	Entomobryidae	346	123	469	3.73	2.80	3.43
	Hypogastruridae	58	183	241	0.63	4.16	1.76
	Isotomidae	777	179	956	8.37	4.07	6.99
	Neelidae	501	48	549	5.40	1.09	4.01
	Sminthuridae	974	1416	2390	10.50	32.19	17.47
MESOSTIGMATA	Ascidae	18	115	133	0.19	2.61	0.97
	Ichthyostomatogasteridae	1	0	1	0.01	0.00	0.01
	Laelapidae	32	30	62	0.34	0.68	0.45
	Macrodinychidae	1	0	1	0.01	0.00	0.01
	Ologamasidae	17	51	68	0.18	1.16	0.50
	Pachylaelapidae	0	15	15	0.00	0.34	0.11
	Parasitidae	0	57	57	0.00	1.30	0.42
	Phytoseioidae	1	0	1	0.01	0.00	0.01
	Sejidae	1	0	1	0.01	0.00	0.01
	Trachyuropodidae	0	1	1	0.00	0.02	0.01
	Urodinychidae	9	0	9	0.10	0.00	0.07
	Zerconidae	1	12	13	0.01	0.27	0.10

Continuación...

ORDEN	FAMILIA	X	M	Total	% X	% M	Total %
ORIBÁTIDA	Acaronychidae	73	28	101	0.79	0.64	0.74
	Ameronothridae	334	56	390	3.60	1.27	2.85
	Carabodidae	80	5	85	0.86	0.11	0.62
	Cosmochthoniidae	17	0	17	0.18	0.00	0.12
	Damaeidae	117	113	230	1.26	2.57	1.68
	Damaeolidae	51	0	51	0.55	0.00	0.37
	Dampfiellidae	11	0	11	0.12	0.00	0.08
	Epilohmanniidae	58	44	102	0.63	1.00	0.75
	Eremaeozetidae	0	1	1	0.00	0.02	0.01
	Eremobelbidae	221	0	221	2.38	0.00	1.62
	Eremulidae	172	77	249	1.85	1.75	1.82
	Eupthiracaridae	20	8	28	0.22	0.18	0.20
	Galumnidae	574	46	620	6.19	1.05	4.53
	Haplozetidae	151	298	449	1.63	6.77	3.28
	Hermaniellidae	126	0	126	1.36	0.00	0.92
	Hypochthoniidae	9	43	52	0.10	0.98	0.38
	Licnodamaeidae	5	0	5	0.05	0.00	0.04
	Liebstaadiidae	42	1	43	0.45	0.02	0.31
	Liodidae	3	2	5	0.03	0.05	0.04
	Lohmanniidae	57	170	227	0.61	3.86	1.66
	Malaconothridae	4	191	195	0.04	4.34	1.43
	Microtegeidae	128	0	128	1.38	0.00	0.94
	Microzetidae	0	1	1	0.00	0.02	0.01
	Nanhermanniidae	0	1	1	0.00	0.02	0.01
	Nothridae	3	7	10	0.03	0.16	0.07
	Oppidae	143	20	163	1.54	0.45	1.19
	Oribatellidae	47	0	47	0.51	0.00	0.34
	Phereliodidae	1	0	1	0.01	0.00	0.01
	Phthiracaridae	222	27	249	2.39	0.61	1.82
	Plateremaeidae	1	0	1	0.01	0.00	0.01
	Prothoplophoridae	2	0	2	0.02	0.00	0.01
	Protoribatidae	0	1	1	0.00	0.02	0.01
	Schelorbitidae	203	293	496	2.19	6.66	3.63
Sphaerochthoniidae	930	0	930	10.02	0.00	6.80	

Continuación...

ORDEN	FAMILIA	X	M	TOTAL	% X	% M	TOTAL %
ORIBÁTIDA	Terpnacaridae	1	0	1	0.01	0.00	0.01
	Trhypochthonidae	1280	98	1378	13.79	2.23	10.07
	Xylobatidae	568	392	960	6.12	8.91	7.02
	Zetorchestidae	10	0	10	0.11	0.00	0.07
PROSTIGMATA	Barbutidae	0	1	1	0.00	0.02	0.01
	Bdellidae	15	0	15	0.16	0.00	0.11
	Calyptostomatidae	0	65	65	0.00	1.48	0.48
	Cheyletidae	0	1	1	0.00	0.02	0.01
	Cocceupodidae	91	32	123	0.98	0.73	0.90
	Cunaxidae	445	20	465	4.80	0.45	3.40
	Grandjeanicidae	30	0	30	0.32	0.00	0.22
	Nanocherstidae	102	1	103	1.10	0.02	0.75
	Paratydeidae	0	2	2	0.00	0.05	0.01
	Podapolipidae	16	2	18	0.17	0.05	0.13
	Rhagidiidae	20	15	35	0.22	0.34	0.26
	Scutacaridae	7	0	7	0.08	0.00	0.05
	Smaridiidae	14	0	14	0.15	0.00	0.10
	Tetranychidae	0	1	1	0.00	0.02	0.01
Trombidiidae	5	2	7	0.05	0.05	0.05	
UROPODINA	Dinychidae	16	0	16	0.17	0.00	0.12
	Oplitidae	1	0	1	0.01	0.00	0.01
	Polyaspididae	1	2	3	0.01	0.05	0.02
	Trigonuropodidae	115	102	217	1.24	2.32	1.59
TOTAL		9279	4399	13678	100	100	100

10.1.1 Abundancia por temporada

Se realizaron dos muestreos puntuales en el mes de abril durante el periodo de sequía y en el mes de septiembre durante el periodo de lluvias del año 2018. La mayor abundancia en ambos meses se registra para Xahuaxol y la menor abundancia se registra para Mahahual (Figura 29. Abundancia absoluta de ácaros

recolectados durante dos meses en dos áreas: Xahuaxol y Mahahual, Quintana Roo, México.).

La mayor abundancia de organismos para Xahuaxol se observó en el mes de septiembre (temporada de lluvias) con 5,628, mientras que en el mes de abril (temporada de sequía) se registraron 3,651 ejemplares. En Mahahual la mayor abundancia se presentó en el mes de septiembre con 4,109 organismos y en abril se registraron 290 individuos (Figura 29).



Figura 29. Abundancia absoluta de ácaros recolectados durante dos meses en dos áreas: Xahuaxol y Mahahual, Quintana Roo, México.

Las familias de ácaros se distribuyen de la siguiente manera según la Tabla 10. Relación de microartrópodos identificados en las colectas y su abundancia absoluta.: de las 74 familias registradas en los dos sitios: Xahuaxol y Mahahual; durante los dos meses muestreados, 57 familias se encontraron presentes en el área de Xahuaxol durante el mes de abril, mientras que en el mes de septiembre en Xahuaxol se registraron 51 familias y para el sitio en Mahahual en abril se obtuvieron 31 familias y en septiembre se registraron 39 familias.

Tabla 10. Relación de microartrópodos identificados en las colectas y su abundancia absoluta.

ORDEN	FAMILIA	XAHUAXOL		MAHAHUAL		TOTAL
		Abril	Septiembre	Abril	Septiembre	
COLLEMBOLA	Entomobryidae	186	160	23	100	469
	Hypogastruridae	27	31	1	182	241
	Isotomidae	61	716	5	174	956
	Neelidae	18	483	0	48	549
	Sminthuridae	28	946	2	1414	2390
MESOSTIGMATA	Ascidae	9	9	0	115	133
	Ichthyostomatogasteridae	1	0	0	0	1
	Laelapidae	24	8	0	30	62
	Macrodnychidae	1	0	0	0	1
	Ologamasidae	7	10	0	51	68
	Pachylaelapidae	0	0	0	15	15
	Parasitidae	0	0	0	57	57
	Phytoseioidae	1	0	0	0	1
	Sejidae	0	1	0	0	1
	Trachyuropodidae	0	0	1	0	1
	Urodnychidae	9	0	0	0	9
	Zerconidae	1	0	0	12	13
ORIBÁTIDA	Acaronychidae	29	44	0	28	101
	Ameronothridae	109	225	6	50	390
	Carabodidae	46	34	4	1	85
	Cosmochthoniidae	3	14	0	0	17
	Damaeidae	101	16	3	110	230
	Damaeolidae	44	7	0	0	51
	Dampfiellidae	2	9	0	0	11
	Epilohmanniidae	55	3	0	44	102
	Eremaezeteidae	0	0	1	0	1
	Eremobelbidae	201	20	0	0	221

Continuación...

ORDEN	FAMILIA	XAHUAXOL		MAHAHUAL		TOTAL
		Abril	Septiembre	Abril	Septiembre	
ORIBÁTIDA	Eremulidae	149	23	0	77	249
	Eupthiracaridae	4	16	3	5	28
	Galumnidae	264	310	5	41	620
	Haplozetidae	86	65	14	284	449
	Hermaniellidae	65	61	0	0	126
	Hypochthoniidae	8	1	0	43	52
	Licnodamaeidae	4	1	0	0	5
	Liebstadiidae	39	3	0	1	43
	Liodidae	1	2	2	0	5
	Lohmanniidae	52	5	0	170	227
	Malaconothridae	2	2	2	189	195
	Microtegeidae	49	79	0	0	128
	Microzetidae	0	0	1	0	1
	Nanhermanniidae	0	0	0	1	1
	Nothridae	0	3	7	0	10
	Oppidae	63	80	5	15	163
	Oribatellidae	35	12	0	0	47
	Phereliodidae	1	0	0	0	1
	Phthiracaridae	105	117	14	13	249
	Plateremaeidae	1	0	0	0	1
	Prothoplophoridae	0	2	0	0	2
	Protoribatidae	0	0	1	0	1
	Schelorbitidae	70	133	8	285	496
	Sphaerochthoniidae	373	557	0	0	930
	Terpnacaridae	1	0	0	0	1
	Trhypochthonidae	549	731	33	65	1378
Xylobatidae	310	258	9	383	960	
Zetorchestidae	8	2	0	0	10	
PROSTIGMATA	Barbutidae	0	0	1	0	1
	Bdellidae	0	15	0	0	15
	Calyptostomatidae	0	0	7	58	65
	Cheyletidae	0	0	0	1	1
	Cocceupodidae	47	44	9	23	123

Continuación...

ORDEN	FAMILIA	XAHUAXOL		MAHAHUAL		
		Abril	Septiembre	Abril	Septiembre	TOTAL
PROSTIGMATA	Cunaxidae	222	223	17	3	465
	Grandjeanicidae	15	15	0	0	30
	Nanocherstidae	22	80	0	1	103
	Paratydeidae	0	0	2	0	2
	Podapolipidae	16	0	0	2	18
	Rhagidiidae	16	4	0	15	35
	Scutacaridae	2	5	0	0	7
	Smaridiidae	6	8	0	0	14
	Tetranychidae	0	0	1	0	1
	Trombidiidae	2	3	1	1	7
UROPODINA	Dinychidae	16	0	0	0	16
	Oplitidae	0	1	0	0	1
	Polyaspididae	1	0	2	0	3
	Trigonuropodidae	84	31	100	2	217
	TOTAL	3651	5628	290	4109	13678

En Xahuaxol las familias más abundantes en abril fueron:

Trhypochthonidae con 549 ejemplares, Sphaerochthoniidae con 373, Xylobatidae con 310 y Galumnidae con 264; y las que presentaron menor abundancia fueron: Terpnacaridae con 1 ejemplar, Plateremaeidae con 1 ejemplar, Phereliodidae con 1 ejemplar, Phytoseioidae con 1 ejemplar, Macrodinychidae con 1 ejemplar e Ichthyostomatogasteridae con 1 ejemplar (Figura 30).

Para el mes de septiembre en Xahuaxol los Colémbolos más abundantes fueron: Sminthuridae con 946 ejemplares, Isotomidae con 716 y Neelidae con 483 y los Acari fueron: Galumnidae con 310, Sphaerochthoniidae con 577, Trhypochthonidae con 731 y Xylobatidae con 258. Las familias que se presentaron con menor abundancia fueron: Sejidae con 1 ejemplar, Licnodamaeidae con 1 ejemplar, Prothoplophoridae con 2 ejemplares, Zetorchestidae con 2 ejemplares y Oplitidae con 1 ejemplar (Figura 30).

En las familias que se obtuvieron del sitio de Xahuaxol, se pudo apreciar una notable diferencia en su abundancia entre la estación de secas (abril) y la estación de lluvias (septiembre), siendo más visible el aumento durante septiembre en las familias de los Collembolos: Sminthuridae, Isotomidae y Neelidae; mientras que para el mes de abril se apreció la disminución de abundancia en las familias de ácaros Eremobelbidae y Eremulidae.

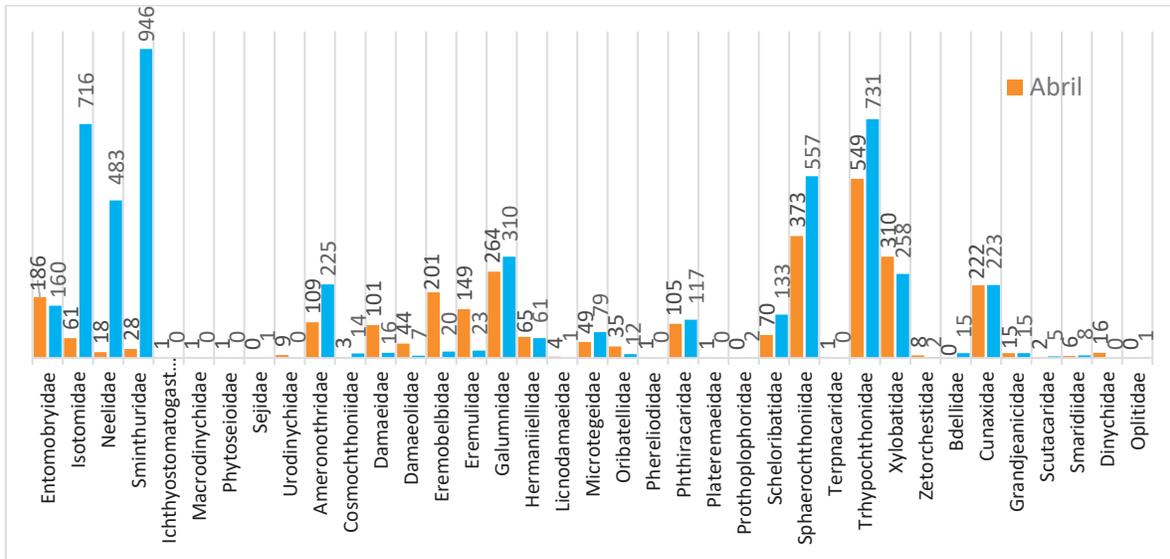


Figura 30. Abundancia absoluta de las familias de ácaros en Xahuaxol, Quintana Roo, México colectados en el mes de abril y en el mes de septiembre de 2018.

En Mahahual las familias más abundantes en abril fueron: Trigonuropodidae con 100 ejemplares, Entomobryidae con 23 ejemplares y Haplozetidae con 14 ejemplares. La menor abundancia se presentó en las siguientes familias: Tetranychidae con 1 ejemplar, Barbutidae con 1 ejemplar, Trachyuropodidae con 1 ejemplar y Eremaezeteidae con 1 ejemplar (Figura 31).

Las familias más abundantes en septiembre fueron: Sminthuridae con 1414 ejemplares, Xylobatidae con 383 ejemplares, Scheloribatidae con 285 ejemplares, Haplozetidae con 284 ejemplares, Malaconothridae con 189 ejemplares e Hypogastruridae con 182. Las familias que se presentaron con menor abundancia fueron: Trigonuropodidae con 2 ejemplares, Pachylaelapidae con 15 ejemplares y Laelapidae con 30 ejemplares (Figura 31).

En cuanto a la influencia por temporalidad, se apreció que las familias obtenidas en el sitio de Xahuaxol, presentaron una diferencia significativa en su abundancia entre la estación de secas (abril) y la estación de lluvias (septiembre), siendo más perceptible la disminución en el mes de abril en las familias de Sminthuridae, Xylobatidae, Scheloribatidae, Haplozetidae; mientras que para septiembre la familia de Trigonuropodidae aumentó el número de organismos.

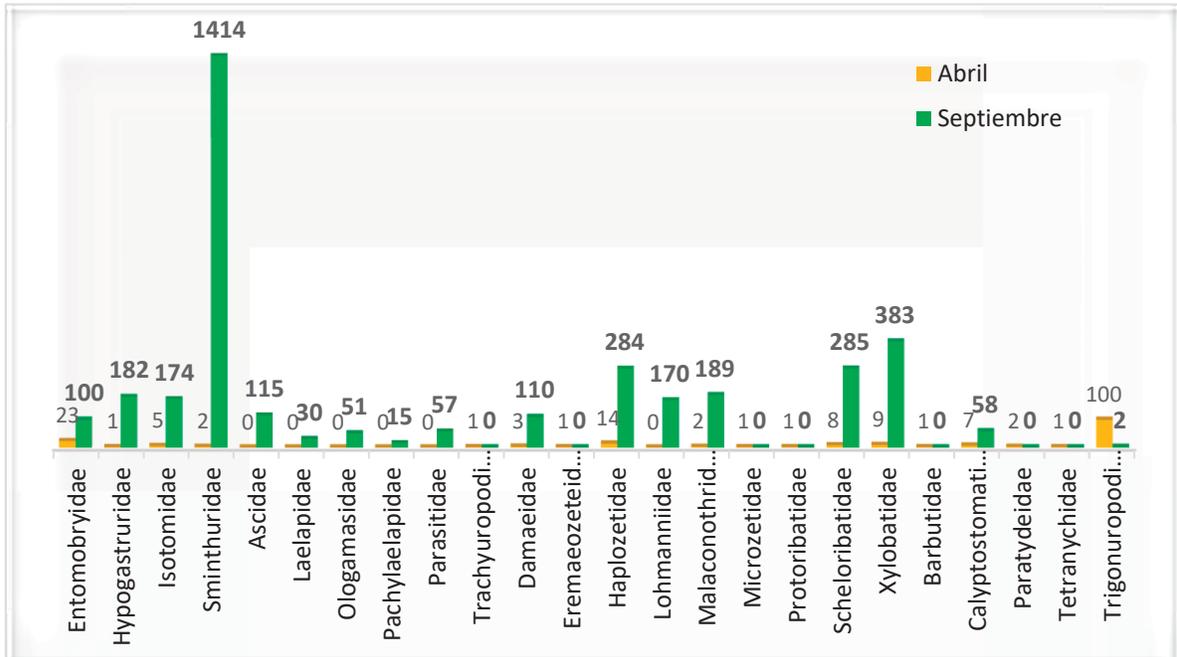


Figura 31. Abundancia absoluta de las familias de ácaros en Mahahual, Quintana Roo, México colectadas en el mes de abril y en el mes de septiembre de 2018.

10.2 Densidad

La densidad total de la fauna edáfica estudiada fue de 14,247.92 ind/m². En el sitio de Xahuaxol la mayor densidad fue en el mes de lluvias con 23,450 ind/m² y la menor densidad fue en la época de secas con 15,212.50 ind/m². Para Mahahual la mayor densidad fue en época de lluvias con 17,120.83 ind/m², mientras que para el mes de secas se tuvo 1,208.33 ind/m² presentando una baja densidad (Tabla 11).

Por lo tanto, para los dos sitios en las dos épocas, la mayor densidad se presentó en Xahuaxol en el mes de septiembre (lluvias) con 23,450 ind/m², mientras que la

menor densidad se presentó en Mahahual en el mes de abril (secas) con 1,208.33 ind/m².

Tabla 11. Densidad de los meses en los sitios de muestreo (Xahuaxol y Mahahual).

	XAHUAXOL		MAHAHUAL	
	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias
DENSIDAD (IND/M²)	15,212.50	23,450	1,208.33	17,120.83

10.3 Diversidad general

Se calculó la diversidad de Shannon-Wiener (H'), la equitatividad de Pielou (J') y la dominancia de Simpson (λ).

De acuerdo al cálculo, el sitio de Xahuaxol presentó el valor más alto de diversidad $H'= 3.73$, esto debido a que en el sitio se encontró la mayor riqueza de familias; en cuanto a la equitatividad se registró el mismo valor para ambos sitios con $J'= 0.90$; aunque para el sitio de Mahahual se presentó el valor más bajo de diversidad $H'= 3.50$. Sin embargo, Mahahual fue el sitio que presentó el mayor valor de dominancia $\lambda= 0.04$, en comparación con el sitio de Xahuaxol que obtuvo un menor valor de dominancia de $\lambda= 0.03$ (Tabla 12).

Tabla 12. Comparación de los índices estadísticos: Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Equitatividad de Pielou (J') y Dominancia de Simpson (λ) en los dos sitios.

	XAHUAXOL	MAHAHUAL
ÍNDICE DE SHANNON-WIENER (H')	3.73	3.50
EQUIDAD DE PIELOU (J')	0.90	0.90
ÍNDICE DE DOMINANCIA DE SIMPSON (λ)	0.03	0.04

10.3.1 Diversidad en los meses de muestreo (abril y septiembre).

De acuerdo al análisis estadístico el valor más alto del índice de diversidad de Shannon-Wiener en Xahuaxol es en el mes de abril $H'=3.74$, al igual que el valor de equitatividad de Pielou $J'=0.93$, dichos valores se deben a la mayor riqueza de

familias presentes en Xahuaxol durante época de sequias (abril); mientras que en Mahahual se presentaron los valores bajos diversidad $H'=3.25$ en el mes de abril y equitatividad $J'=0.91$ en épocas de lluvias (septiembre) (Tabla 13).

En cuanto al índice de dominancia de Simpson, los análisis demostraron que Mahahual presentó la mayor dominancia $\lambda=0.05$ tanto en el mes de abril como en septiembre, sin embargo, Xahuaxol fue el que presentó la menor dominancia en el mes de abril $\lambda=0.03$ (Tabla 13). De acuerdo a Moreno (2001) los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad.

Tabla 13. Análisis de los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), equitatividad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (λ) en los meses de abril y septiembre.

	XAHUAXOL		MAHAHUAL	
	<i>Abril</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Abril</i>	<i>Septiembre</i>
H'	3.74	3.52	3.25	3.33
J'	0.93	0.89	0.95	0.91
λ	0.03	0.04	0.05	0.05

10.4 Prueba t de Student

Se realizó una prueba de t de Student con la finalidad de hacer una comparación entre la diversidad de Shannon-Wiener y la diversidad ponderada para conocer si existe alguna diferencia significativa en ambos sitios en las dos temporadas de este estudio.

Al comparar el valor en la tabla de distribución t , con los grados de libertad calculados, se comprobó que existe una diferencia significativa entre los sitios de Xahuaxol en la época de secas y Xahuaxol en la época de lluvias ($t_{(728.05)}=3.6647$), Xahuaxol en la época de secas y en Mahahual en época de secas ($t_{(119.43)}=5.1583$),

Xahuaxol en época de secas y en Mahahual en época de lluvias ($t_{(623.2)} = 6.6184$), esto es debido a que el valor de t obtenido, es mayor que el valor de t en tablas, se considera que existe una diferencia estadísticamente significativa (Moreno, 2001) entre los valores de diversidad de Shannon-Wiener para los sitios de Xahuaxol y Mahahual en las épocas de secas y lluvias.

Con excepción de la comparación de Mahahual entre la época de secas y la época de lluvias $t_{(131.63)} = -0.81163$ que son muy poco significativos, por lo que estos sitios presentan una mayor similitud en su diversidad (Tabla 14).

Tabla 14. Comparación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener mediante la prueba de t de Student, utilizando la corrección de Bonferroni ($\alpha = 0.05/6 = 0.008$) S=secas, LI=lluvias, *=diferencia significativa.

		XAHUAXOL		MAHAHUAL	
		S	LI	S	LI
XAHUAXOL	S	$t_{(728.05)} = 3.6647$		$t_{(119.43)} = 5.1583^*$	$t_{(623.2)} = 6.6184^*$
	LI			$t_{(130.33)} = 2.7237$	$t_{(664.2)} = 2.8364$
MAHAHUAL	S				$t_{(131.63)} = -0.81163$
	LI				

10.5 Regresiones lineales

Las regresiones lineales se realizaron para determinar si existe relación entre las densidades de ácaros y los parámetros físico-químicos del suelo analizados los cuales fueron: Materia orgánica (MO), Conductividad eléctrica (Salinidad), pH y Humedad.

Con dicho estudio se determinó que existe una relación negativa entre los factores analizados y la abundancia de ácaros. Es decir, a mayor cantidad de materia orgánica menor abundancia, a mayor pH menor abundancia y a mayor humedad menor abundancia, mayor salinidad menor abundancia de organismos.

10.5.1 Correlaciones entre la abundancia de ácaros y los parámetros físico-químicos de suelo.

Se realizaron correlaciones entre la abundancia de la fauna edáfica y los parámetros físico-químicos del suelo estudiado, en dicho análisis se obtuvo una correlación negativa con los factores de Humedad ($r=-0.2977$ $p < 0.5665$), pH ($r=-0.2387$ $p < 0.6486$), Salinidad ($r=-0.3108$ $p < 0.5487$), Materia orgánica ($r=-0.1288$ $p < 0.8078$) para Xahuaxol, igualmente para Mahahual con valores de Humedad ($r=-0.6662$ $p < 0.1484$), pH ($r=-0.5118$ $p < 0.2992$), Conductividad eléctrica ($r=-0.3491$ $p < 4976$), Materia orgánica ($r=-0.0551$ $p < 0.9173$) (Figura 32).

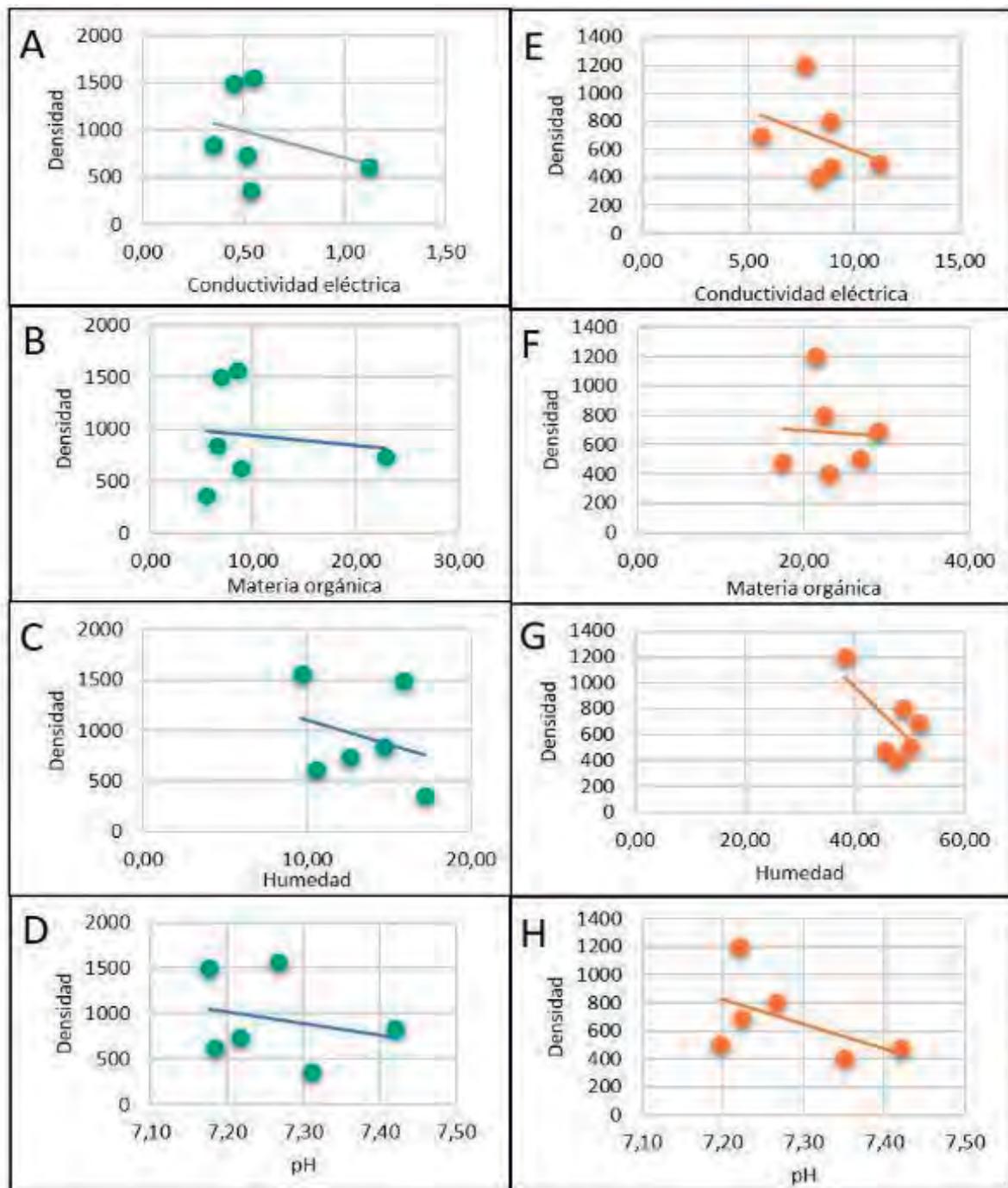


Figura 32. Correlación entre la Salinidad, Materia Orgánica, pH y Humedad en el mes de septiembre con la abundancia de la fauna edáfica (Acari y Collembola) en Xahuaxol (A-D) y Mahahual (E-H), Quintana Roo, México.

Sin embargo, como el objeto de estudio de este trabajo son los ácaros Uropodina, se realizaron otras correlaciones de las abundancias enfocado únicamente a los

ácaros Uropodina, con respecto a los factores físico-químicos de Materia orgánica (MO), Conductividad eléctrica (Salinidad), pH y Humedad.

Con estos análisis se presentó una correlación positiva para el sitio de Mahahual con respecto a la salinidad ($r=0.4236$; $p=0.4025$) (Figura 33) y con respecto a materia orgánica ($r=0.1472$; $p=0.7807$) (Figura 34). Mientras que para Xahuaxol se presentó una correlación negativa con respecto a todos los factores físico-químicos analizados en este estudio. Por lo que se puede decir que a mayor salinidad mayor abundancia y mayor materia orgánica mayor abundancia.

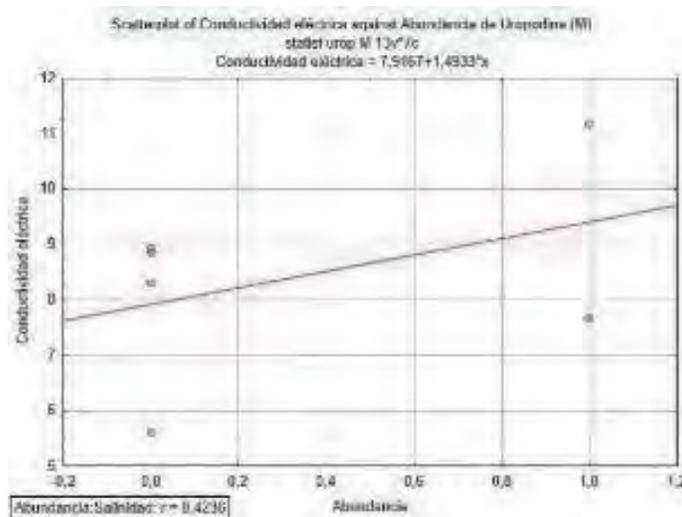


Figura 33. Correlación entre la abundancia de Uropodina con la salinidad en Mahahual, Quintana Roo, México.

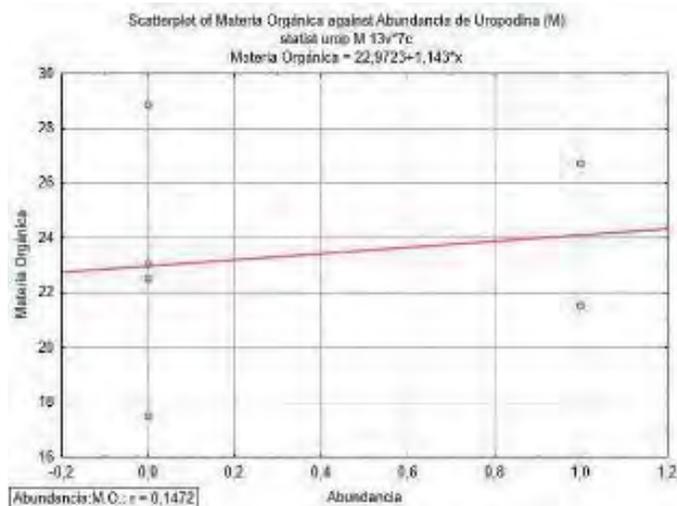


Figura 34. Correlación entre la abundancia de Uropodina con la materia orgánica en Mahahual, Quintana Roo, México

DISCUSIÓN

En México se han realizado escasos trabajos sobre ácaros Uropodina, principalmente en los sitios de Xahuaxol y Mahahual y no hay estudios relacionados sobre la utilización de ácaros como bioindicadores de calidad del suelo de manglar y la relación que tienen con los factores físico-químicos. Por lo que la fauna edáfica en estos sitios ha sido poco estudiada (Dey et al., 2010, Vázquez et al., 2007, Kontschán, 2005, Dejean et al., 2003)

Se sabe que entre la hojarasca y el suelo de manglar habitan una gran diversidad de microartrópodos edáficos (Dey et al., 2010) por lo que algunos de ellos han desarrollado adaptaciones como los ácaros Oribátidos, mismos que se encuentran adaptados a pasar temporadas sumergidos en el agua (Marshall et al., 1987). Otros ácaros son considerados como bioindicadores, tal es el caso de los ácaros Uropodina que de acuerdo a (Vázquez et al., 2007; Athias-Binche, 1981; Socarrás, 2013) se consideran significativos en suelos con abundante materia orgánica como suelen ser zonas de manglar y por lo tanto se dice que son indicadores de suelos ricos en humus y materia orgánica.

Para este estudio se determinaron 74 familias de los principales grupos de microartrópodos edáficos (ácaros Oribátidos, ácaros Mesostigmata, ácaros Prostigmata e Insectos: Collembola) de los cuales los ácaros Oribátidos fueron los más representativos presentando el mayor número de familias (38), este resultado concuerda con lo reportado por algunos autores como Socarras y Rodríguez (2001, 2005, 2007), Vázquez et al. (2007) y Prieto-Trueba et al. (2005), al mencionar que los Oribátidos son los ácaros con mayor presencia en suelos de manglares influenciados por factores ambientales de humedad, materia orgánica, pH y temperatura característicos de esta vegetación. Después de los Oribátidos se encuentran los ácaros Mesostigmata con 16 familias, dentro de los cuales se sitúan a los ácaros Uropodina con 4 familias dichos ácaros fueron elegidos para este trabajo de principal interés por su capacidad como bioindicadores mencionado anteriormente, presentando el menor número de familias en comparación con lo expuesto por Vázquez et al. (2007), quienes registraron 19 familias. Cabe destacar

que también se registraron 15 familias de Prostigmata similar al trabajo realizado por Vázquez (2008) que obtuvo Prostigmata y Astigmata en microartrópodos edáficos litorales y de acuerdo a Socarras y Rodríguez (2005) estos organismos son indicadores de suelos perturbados, en desequilibrio y carentes de nutrientes.

Teniendo en cuenta que para este trabajo se tuvieron dos sitios de muestreo, uno en Xahuaxol y otro en Mahahual en el estado de Quintana Roo, pertenecientes al Caribe Mexicano, durante la temporada de secas (abril) y en la temporada de lluvias (septiembre) de 2018, se obtuvieron un total de 13,678 organismos identificados, cantidad menor a lo registrado por (García-Gómez et al., 2014) en zona de manglar de la isla de Cozumel, Quintana Roo (Vázquez et al., 2016).

Aunque a diferencia con otros estudios realizados en zonas de manglar la densidad total obtenida fue de 14,247.92 ind/m² mayor a lo registrado por (Vázquez et al., 2007; Matos, 2014 y Cahuich, 2018) con 2,040 ind/m², 2,880.65 ind/m² y 1,856 ind/m² respectivamente, siendo el sitio de Xahuaxol en temporada de lluvias el cual presentó la mayor densidad, mientras que Mahahual presentó la menor abundancia en época de sequía.

En lo que respecta a las abundancias absolutas tuvieron una correlación negativa con los factores de Humedad ($r=-0.2977$ $p< 0.5665$), pH ($r=-0.2387$ $p< 0.6486$), salinidad ($r=-0.3108$ $p< 0.5487$), Materia orgánica ($r=-0.1288$ $p< 0.8078$) para Xahuaxol, así como para Mahahual Humedad ($r=-0.6662$ $p< 0.1484$), pH ($r=-0.5118$ $p< 0.2992$), Conductividad eléctrica ($r=-0.3491$ $p< 4976$), Materia orgánica ($r=-0.0551$ $p< 0.9173$).

Conociendo que el objeto de estudio del presente trabajo es el grupo Uropodina, se realizaron regresiones lineales de este grupo para saber si existía alguna relación en las propiedades físicas y químicas con estos organismos, conociendo que los ácaros Uropodina son sensibles a los cambios en el medio ambiente y que en el ecosistema se generan microambiente que influyen ya sea negativa o positivamente en la abundancia de los organismos del suelo, se obtuvo que dichos ácaros presentaron una correlación positiva con los factores de salinidad y materia orgánica únicamente para el sitio de Mahahual durante la temporada de lluvias.

CONCLUSIONES

La fauna edáfica asociada a los suelos de manglar de dos localidades del Caribe Mexicano, Mahahual y Xahuaxol Quintana Roo, México, durante los meses de abril y septiembre de 2018, estuvo integrada por 14,313 organismos de los cuales 13,678 organismos fueron identificados y ubicados en 74 familias, el grupo mejor representado es el de los ácaros Mesostigmata con 16 familias, los ácaros Oribátidos con 38 familias, los ácaros Prostigmata con 15 familias y los insectos Collembolos con 5 familias; con una densidad total de 14,247.92 ind/m². Cabe destacar que los organismos contabilizados más abundantes pertenecen a la orden de Oribátida.

Los factores temporales influyen en la fauna edáfica, ya que la variación de abundancias en las temporadas y meses estudiados (abril y septiembre), principalmente en septiembre considerado temporada de lluvias, influyó en el aumento de dichos organismos de la fauna edáfica para ambos sitios. También se apreciaron los mayores índices de diversidad y dominancia durante la misma temporada y mes para Mahahual, caso contrario para Xahuaxol donde se apreciaron los mayores índices de diversidad y equidad durante la temporada de secas en el mes de abril.

De manera general no se mostró una gran significancia estadísticamente de la abundancia de la fauna edáfica (Acari y Collembola) con respecto a los factores físico-químicos para ambos sitios. Sin embargo, al realizar los análisis únicamente de los ácaros Uropodina, se pudo apreciar que los factores físico-químicos de salinidad y materia orgánica, tuvieron relación positiva, por lo cual dichos factores influyen en la abundancia de la fauna edáfica en suelos de manglar de los sitios estudiados.

Conociendo que el orden Oribátida fue muy abundante para este estudio y que son considerados organismos indicadores de suelos con **alta productividad** se puede decir que el estado de salud del medio edáfico de las zonas estudiadas presentan alta productividad y buen estado de conservación.

REFERENCIAS

- Alamilla Pastrana, Elvia., y May Uicab Daniel. (2013). Relación entre la riqueza y abundancia de los ácaros oribátidos edáficos y el contenido de materia orgánica en suelos de Cozumel, Quintana Roo. Tesis.
- Alonso Nuñez, B. (2015). Biodiversidad, Materia Orgánica y Estructura Del Suelo. Ciencia, Técnica E Ingeniería. Universidad de Burgos, Escuela Politécnica Superior. Recuperado de file:///C:/Users/admin/Downloads/Alonso_Núñez.pdf
- Athias-Binche. (1981). *Écologie des Uropodides édaphiques (Arachnides: Parasitiformes) de trois écosystèmes forestiers. I. Introduction, Matériel, Biologie. Vie et Milieu, 31(2), 137-147.*
- Ayuntamiento de Othón P. Blanco. (2018). Actualización del Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Mahahual (PDUCP Mahahual). Chetumal, Quintana Roo. Recuperado de http://www.opb.gob.mx/portal/wp-content/uploads/2018/07/PDUCP_MAHAHUAL_VERSION_FINAL_22_JUL_2018.pdf
- Balogh, J., & Balogh, P. (1998)a. Oribatid Mites of the Neotropical Region I (Vol. 1). Budapest, Hungary: AKADÉMIAI KIADÓ.
- Balogh, J., & Balogh, P. (1998)b. Oribatid Mites of the Neotropical Region I (Vol. 2). Budapest, Hungary: AKADÉMIAI KIADÓ.
- Balogh, J., & Balogh, P. (1992). The Oribatid Mites Genera of the World (Vol. 2). Budapest: Hungary Natural History Museum.
- Bedano, J. C. (2007). El rol de la mesofauna edáfica en la evaluación de la calidad del suelo. En *De la Biología de Suelos a la Agricultura*. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Behan-Pelletier, V. M. (1999). Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: Role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74(1–3), 411–423. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00046-8)

CONABIO. (s/f). Los manglares : conocimiento e importancia. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, 16. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2008.05.030>

CONABIO. (2009). Manglares de México : Extensión y distribución 2da. Edición.

CONABIO. (2010). Biodiversidad Mexicana Manglares de México. Biodiversidad Mexicana, 1. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares/pdf/imprime/manglares.pdf>

CONANP. (s.f.) Programa de Manejo. Reserva de la Biosfera Caribe Mexicano. Recuperado de <https://www.conanp.gob.mx/programademanejo/RBCMPM.pdf>

Coineau, Y., Cléva, R., & Du Chatenet, G. (1997). Ces animaux minuscules qui nous entourent. (Delachaux et Niestlé, Ed.).

Dey, M. K., Hazra, A. K., Chakraborty, S. K. . (2010). Functional role of microarthropods in nutrient cycling of mangrove-estuarine ecosystem of Midnapore coast of West Bengal, India. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 12(1), 67–84. <https://doi.org/10.1504/IJETM.2010.029981>

Domínguez-Gento, A., y Laborda-Cenfor, R., Martínez-Díaz, F., Rosello-Oltra, J. (2002). Evaluación de microartrópodos en suelos de cítricos ecológicos y convencionales. Posibilidades de uso como bioindicadores, 1–8. Recuperado de [http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2000/IV congreso cordoba/fertilidad/citricos.html](http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2000/IV%20congreso%20cordoba/fertilidad/citricos.html)

Dominguez-Soto, J.M.; Roman-Gutierrez, A. D.; Prieto-Garcia, F.; Acevedo-Sandoval, O. (2011). Evaluación de color en suelos del Cerro de Denganthza, municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo. *Acta Universitaria*, 21 (4), 92-100. ISSN: 0188-6266. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=416/41620852012>

Fao. (2015). ¿Qué hacen los microorganismos del suelo? Recuperado de

<http://bit.ly/1GoFCQe>

- Gaxiola, J. . M. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema laguna de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 7(3), 355–369. <https://doi.org/10.1038/nature16059>
- García-Gómez, A., Castaño-Meneses, G., Vázquez-González, M. M., & Palacios-Vargas, J. G. (2014). Mesofaunal arthropod diversity in shrub mangrove litter of Cozumel Island, Quintana Roo, México. *Applied Soil Ecology*, 83(April), 44–50. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.03.013>
- Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G., Martínez-V, F. de J., & Martínez-Castillo, J. (1998). Los Manglares De Quintana Roo the Mangroves of Quintana Roo, 4(2), 253–265.
- Gomez-Anaya, J. A. 1998. Ecología de Collembola (Hexapoda: Apterygota) de Chamela, Jalisco, Mexico. Tesis de Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. Mexico, D. F.
- Guillén, C., Soto-Adames, F., Springer, M. (2006). Variables físicas, químicas y biológicas del suelo sobre las poblaciones de colémbolos en en Costa Rica.
- INEGI, (2019). Edafología. Retrieved 18 November 2019. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/default.html#Mapa>
- INEGI, (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (s.f.). Información de Climas (escala 1:1000000). Guía Para La Interpretación de Cartografía Climatológica, 21–33. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/clima/CLIMATIII.pdf
- Iturrondobeitia, J. C, Caballero, A. I y Arroyo, J. (2014). Avances en la utilización de los Ácaros Oribátidos como indicadores de las Condiciones Edáficas.
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. *Introduccion a La Ciencia*

Del Suelo. Recuperado de
<http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>

Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006). la materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, 24(1), 49–61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>

Kontschán, J. (2005). New Rotundabaloghia Hirschmann, 1975 species (Acari: Mesostigmata: Uropodina) from The Dominican republic, 97, 241–249. Recuperado de http://publication.nhmus.hu/pdf/annHNHM/Annals_HNHM_2005_Vol_97_241.pdf

Krantz, G. W. (1978.). A manual of acarology. Corvallis.: Oregon State University Book Stores Inc.

Krantz, G. W. & D. W. (2009). A manual of Acarology (3 ed.). United States of America: Texas Tech University Press.

Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.

Luxton, M. (1990). The marine littoral mites of the New Zealand region. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 20(4), 367–418. <https://doi.org/10.1080/03036758.1990.10426719>

M. Manu, V. Iordache, R. Băncilă, F. Bodescu y M. Onete (2016) The influence of environmental variables on soil mite communities (Acari: Mesostigmata) from overgrazed grassland ecosystems – Romania, *Italian Journal of Zoology*, 83:1, 89-97, DOI: 10.1080/11250003.2015.1091897

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.

Marshall, V. G., R. M. Reeves y R. A. Norton, 1987, Catalogue of the Oribatida (Acari) of Continental United States and Canada, *Mem., Entomol. Soc. Canadá*, pp. 139-418.

- Palacios Vargas José G. Mejía Recamier Blanca E. (2007). Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos. México, D.F. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/286450706_tecnicas_de_colecta_pr_eservacion_y_montaje_de_microartropodos
- Pepato, A. R., & Da Silveira, P. S. A. (2015). Two new species of Rhombognathus (Halacaridae, Trombidiformes) from a Mangrove in the northern littoral zone of São Paulo State (Brazil). *Zootaxa*, 3905(4), 500–510. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3905.4.4>
- Prieto-Trueba, D., Ma. M., Vázquez-González, y C., Rodríguez Aragonés. 1999. Comunidades de la mesofauna edáfica en una selva baja inundable de la Reseva de la Biósfera de Sian Kaan, Quintana Roo, México. *Revista biologia Tropical [online]*. 47(3):489-492.
- Prieto-Trueba D, González V, Tcherva T. 2005. Microartrópodos asociados a la hojarasca de un bosque semideciduo de Bacunayagua, Matanzas, Cuba. *Revista Biología*, 19: 57-65.
- Pfingstl, T. (2017). The marine-associated lifestyle of ameronothroid mites (Acari, oribatida) and its evolutionary origin: A review. *Acarologia*, 57(3), 693–721. <https://doi.org/10.24349/acarologia/20174197>
- Riera, M.V.A. (2001). *Estadística con SPSS v. 10.0* (Vol. 226) Editorial Universidad de Barcelona.
- Ruf, A. 1998. A Maturity Index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. *Applied Soil Ecology* 9:447-452.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000), Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT.2000, México, Diario oficial del 31 de diciembre de 2002.
- SEMARNAT. (2014). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos-Quintana Roo 2013*.

Colección de inventarios estatales forestales y de suelos 2013-2014.

Shimano, S. (2011). Aoki ' s oribatid-based bioindicator systems. *Zoosymposia*, 6, 200–209.

Socarrás, Ana. (2005). Utilización de la acarofauna edáfica como indicador biológico del estado de los suelos con manejo orgánico en la provincia de La Habana , Cuba *, (1991), 31–34.

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, 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, Ana. (2013). Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, 36(1), 5-13. Recuperado en 20 de junio de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942013000100001&lng=es&tlng=es.

Thibaud J.-M., JG Palacios-Vargas. 2001. Collemboles interstitiels des sables littoraux du Mexique (Collembola). *Rev. fran. Ent. (NS)*, 23 (3): 181-184.

Vázquez, M. M., 1999. Catálogo de los ácaros oribátidos edáficos de Sian ka'an, Q.Roo, México. CONABIO-UQROO.México. p.126.

Vázquez, M. M., Quintana, U. De, Ave, R., Bahia, B., Roo, Q., & Klompen, H. (2007). New records of Uropodina mites from México, Guatemala, Belize and Costa. *Dugesiana*, 14(1), 27–37.

Vázquez M. M., 2008, Microártropodos edáficos litorales, Universidad de Quintana Roo, México, 15(1):7-15.

Vázquez, M.M. (2009). Microartrópodos edáficos litorales. El sistema ecológico de la bahía de Chetumal/Corozal: costa occidental del Mar Caribe. Chetumal,

Quintana Roo.

- Vázquez, M.M., Pereira, A., Fragoso, P., Rodriguez, J. A. (2011). Riqueza y Biodiversidad de organismos edáficos del Corredor Biológico Mesoamericano (México, Belice y Guatemala). In: Avances de ciencia y tecnología en Quintana Roo. V. H. Delgado, J. S. Ortegón, M.M. Vazquez, A. Gonzalez, J. Hernandez, UQROO y Plaza y Valdéz S.A. de C.V. (eds). México, D.F. p.35-70
- Vázquez González, M. M., May Uicab, D. A., y Alamilla Pastrana, E. B. (2016). Riqueza específica y biodiversidad de Cozumel, Quintana Roo, México. *Teoría y Praxis*, 12(19), 137–171. <https://doi.org/10.22403/uqroomx/typ19/07>
- Vázquez-Lule, A. D.; M. F. Adame y J. R. Díaz-Gallegos. Caracterización del sitio de manglar Costa Maya, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.
- Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Third Edition. Prentice Hall. New Jersey. p. 988.