



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE

“Tiempo de Degradación de la materia orgánica en una selva mediana del ejido de Petcacab Quintana Roo y la Biodiversidad de Microartrópodos edáficos presentes en el proceso”

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

Licenciada en Manejo de Recursos Naturales

PRESENTA

Lidia Guadalupe Valdez Chan

DIRECTORA DE TESIS

Dra. María Magdalena Vázquez Gonzales

ASESORES

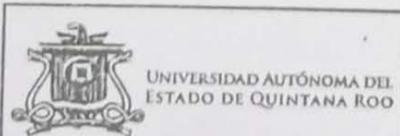
Dr. Alejandro Luis Collantes Chávez-Costa

Dr. Leopoldo Q. Cutz Pool

M en C. Daniel Alfonso May Uicab

LMRN. Nancy Esther Hernández Magaña

CHETUMAL, QUINTANA ROO, MEXICO, ENERO 2024



ÁREA DE TITULACIÓN





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO 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 Gonzalez

Mra Magdalena Vázquez

ASESOR: Dr. Alejandro Luis Collantes Chávez-Costa

ASESOR: Dr. Leopoldo Q. Cutz Pool

ASESOR: M en C. Daniel Alfonso May Uicab

ASESOR: LMRN. Nancy Esther Hernández Magaña



CHETUMAL QUINTANA ROO, MEXICO, ENERO 2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo de tesis con mucho amor, cariño y de todo corazón a mis padres, hermano y al amor de mi vida por brindarme siempre su apoyo incondicional, sin ellos no podría estar logrando una de mis metas de la vida. Y a mis seres queridos que se nos adelantaron en este camino de la vida, dejándome muchas enseñanzas.

Agradecimientos

Agradecida eternamente con mis padres Oscar Eugenio Valdez Chan y Antonia Chan Cauich por apoyarme durante mi formación académica y durante la elaboración de mi tesis, motivándome para salir adelante y estar siempre al pendiente de mí, gracias a su esfuerzo de ambos, sin ustedes no sería posible este logro. Los amo con todo mi corazón.

A mi hermano Oscar, por enseñarme a tener una vida de foránea y adaptarme a nuevos cambios, siendo un ejemplo para mí como persona y profesionista por tener un gran amor y desempeño a todo lo que realiza.

A mi novio Marcos (amorchi) que siempre estuvo para mí durante la elaboración de esta tesis, motivándome a no rendirme en esos días grises; al estar pendiente y apoyándome en todo momento para poder concluir, es un gran novio que me enseña nuevas cosas y que he aprendido mucho de él. Te amo.

Le agradezco de todo corazón a la Dra. Magdalena Vázquez Gonzales por aceptarme en el laboratorio de microartrópodos edáficos y de poder trabajar con ella en esta tesis, por la paciencia y enseñanzas que me impartió de los microartrópodos edáficos siendo un nuevo tema para mí, agradezco sus correcciones y su valioso tiempo que me brindo durante este tiempo.

A Daniel May y Nancy Magaña por brindarme su apoyo desde un principio, por tomarse el tiempo de responder a mis dudas y por apoyarme durante el tiempo que realice mi tesis y el trabajo de laboratorio, por sus observaciones, sugerencias, amabilidad y por enseñarme de lo que ellos saben.

ÍNDICE

1. RESUMEN	8
2. INTRODUCCIÓN	9
3. ANTECEDENTES	11
4. JUSTIFICACIÓN	16
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
6. HIPÓTESIS	17
7. OBJETIVOS	18
7.1 Objetivo general	18
7.2 Objetivos específicos	18
8. ÁREA DE ESTUDIO	19
8.1 Clima	23
8.2 Vegetación	23
8.3 Suelo	23
9. Metodología	24
9.1 Trabajo de campo	25
9.2 Colecta	27
9.3 Trabajo de laboratorio	28
9.4 Medición de Temperatura y Humedad	29
9.5 Observación, montaje e identificación de los microorganismos	30
10. Análisis estadísticos	31
10.1 Riqueza específica	31
10.2 Índice de diversidad de Shannon-Wiener (H')	31
10.3 Dominancia de Simpson	31
10.4 índice de Equitatividad de Pielou (J')	32
10.5 Tasa de descomposición	32
10.6 Regresiones lineales	33
11.1 Degradación de la materia orgánica	34
11.2 Porcentaje de pérdida de peso de la materia orgánica a través del tiempo y tasa de descomposición.	34

11. 3 Tasa de descomposición	36
11. 4 Acumulación de hojarasca	39
11. 5 Cuantificación e identificación de ácaros y colémbolos.....	41
11.5 Variación de la abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en temporada de lluvias, nortes y secas	46
11.6 Abundancia absoluta de cada sitio durante las tres temporadas	48
11. 7 Índices de diversidad	51
11. 8 Análisis de regresión lineal	53
12. Discusión	56
13. Conclusiones	60
15. Bibliografía.....	63
Anexo 1	66
Relación de fotografías de microartrópodos edáficos en el área de estudio.	66

Índice de Tablas

Tabla 1. Pérdida de peso del sitio 1(área perturbada).	34
Tabla 2. Porcentaje final de la materia orgánica, sitio 1.....	34
Tabla 3. Porcentaje de perdida de la materia orgánica, sitio 1.	34
Tabla 4. Pérdida de peso del sitio 2 (acahual).....	35
Tabla 5. Porcentaje final de la materia orgánica, sitio 2.....	35
Tabla 6. Porcentaje de pérdida de la materia orgánica, sitio 2.	35
Tabla 7. Pérdida de peso sitio 3 (selva mediana).	35
Tabla 8. Porcentaje final de la materia orgánica, sitio 3.....	35
Tabla 9. Porcentaje de perdida de la materia orgánica, sitio 3.	35
Tabla 10. Tasa de descomposición. Sitio 1.....	36
Tabla 11. Tasa de descomposición. Sitio 2.....	36
Tabla 12. Tasa de descomposición. Sitio 3.....	37
Tabla 13. Acumulación de hojarasca en los tres sitios.....	40
Tabla 14. Distribución de la abundancia absoluta de las familias de microartrópodos edáficos en un Área perturbada, en un Acahual y en una Selva Mediana en el ejido de Petcacab, Quintana Roo, México.	43
Tabla 15. Índices de diversidad: Diversidad de Shannon (H'), Dominancia de Simpson (λ), y equitatividad de Pielou (J') en los tres sitios de muestreo.	51
Tabla 16. Índices estadísticos: Diversidad de Shannon (H'), Dominancia (λ), y Equitatividad de Pielou (J') en los tres sitios de muestreo durante las tres temporadas.	52
Tabla 17: Listado de especies de microartrópodos encontrados en el área de estudio en el ejido de Petcacab Quintana Roo.....	62

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Degradación de la materia orgánica en el sitio 1.....	37
Gráfica 2. Degradación de la materia orgánica en el sitio 2.....	38
Gráfica 3. Degradación de la materia orgánica en el sitio 3.....	39
Gráfica 4. Caída de hojarasca en los tres sitios.....	40
Gráfica 5. Distribución del porcentaje de microartrópodos edáficos en los tres tipos de vegetacion en el ejido de Petcacab, Quintana Roo, México.....	41

Gráfica 6. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en un Área perturbada, en un Acahual y en una Selva Mediana.....	42
Gráfica 7. Variación de la abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en las tres temporadas por tipo de vegetación.....	46
Gráfica 8. Abundancia absoluta de las familias de microartrópodos en un Área perturbada en las tres temporadas en el ejido de Petcacab, Quintana Roo.	48
Gráfica 9. Abundancia absoluta de las familias de microartrópodos edáficos en un Acahual en las tres temporadas en el ejido de Petcacab Quintana Roo.	49
Gráfica 10. Abundancia absoluta de las familias de microartrópodos edáficos en una Selva Mediana en las tres temporadas en el ejido de Petcacab Quintana Roo.	50
Gráfica 11. Análisis de regresión entre la degradación de la materia orgánica y la temperatura en el ejido de Petcacab, Quintana Roo.....	53
Gráfica 12. Análisis de regresión entre la degradación de la materia orgánica y la humedad en el ejido de Petcacab, Quintana Roo.....	¡Error! Marcador no definido.
Gráfica 13. Análisis de regresión lineal entre la degradación de la materia orgánica y la diversidad de los microartrópodos edáficos en el ejido de Petcacab Quintana Roo.....	55

Índice de Figuras

Figura 1. Área de estudio. "Ejido Petcacab Quintana Roo". Elaboración propia. Valdez, L.	19
Figura 2. Sitio 1, Área perturbada. Fotografía: Valdez, L.....	20
Figura 3. Sitio 2, Acahual. Fotografía: Valdez, L.	21
Figura 4. Sitio 3, Selva mediana. Fotografía: Valdez, L.	22
Figura 5: Materiales para la elaboración de las bolsas de malla. Fotografía: Valdez, L.....	24
Figura 6. Materiales: bolsas de malla, tijera y cordel. Fotografía: Valdez, L.	24
Figura 7. Malla extendida para la obtención de Hojarasca. Fotografía: Valdez, L.	26
Figura 8. Obtención de las muestras de suelo y hojarasca. Fotografía: Valdez, L.	27
Figura 9. Método embudo de Berlesse-Tullgren (Palacios-Vargas et al.,2007) para la obtencion de los microartrópodos edáficos. Fotografía: Valdez, L.	28
Figura 10. Pesaje de las muestras de suelo. Fotografía: Valdez, L.....	29
Figura 11. Introducción de las muestras de suelo a la estufa para el secado. Fotografía: Valdez, L.	29

Figura 12. Preparación de los organismos colectados. Fotografía: Valdez, L.	30
Figura 13. Familia Trombidiidae	66
Figura 14. Familia Eupodidae	66
Figura 15. Familia Euphtiracaridae	67
Figura 16. Familia Uropodidae. Género. <i>Uropoda solaris</i>	67
Figura 17. Familia Lohmaniidae. Género: <i>Torpacarus callipygus</i>	68
Figura 18. Familia Bdellidae.....	68
Figura 19. Familia Xenillidae.....	69
Figura 20. Familia Galumnidae	69
Figura 21. Familia Smaridiidae	70
Figura 22. Familia Caeculidae	70
Figura 23. Familia Sminthuridae	71
Figura 24. Familia Entomobryidae	71

1. RESUMEN

Se presentan resultados de un estudio efectuado para conocer el tiempo de degradación de la materia orgánica en tres sitios: sitio 1; área perturbada, sitio 2; acahual y sitio 3; una selva mediana del ejido forestal de Petcacab, Quintana Roo. Se presenta un listado de las familias, géneros y especies encontradas durante el desarrollo el proyecto. Se analizan y presentan los índices de: diversidad (Shannon (H'), dominancia de Simpson (λ) y equitatividad de Pielou (J' .) (ácaros y colémbolos) presentes durante las tres etapas de muestreo (lluvias, nortes y secas). La primera en el mes de octubre correspondiente a la temporada de lluvias. El segundo en el mes de diciembre, correspondiente a la temporada de nortes en el transcurso de 2022, y marzo correspondiente a la temporada de secas del 2023. Se tomaron y analizaron un total de 27 muestras de hojarasca y 9 muestras de suelo para su estudio. Para determinar el porcentaje de degradación y la tasa de descomposición de la hojarasca se utilizó el método de bolsas de descomposición (Bärcholer 2005) con un peso inicial de 300 gramos por bolsa.

Los porcentajes de degradación de la materia orgánica fueron 76.44% para el área perturbada, 73.89% para el acahual y 68.11% para la selva mediana. Los valores de la tasa de descomposición K , fueron $K=2.60$ en el sitio uno, $K=2.41$ en el sitio dos y $K=2.05$.

Se colectó un total de 11,528 organismos correspondientes a 50 familias, 54 géneros y 54 especies siendo el orden Cryptostigmata el más abundante con 26 familias. El sitio con mayor abundancia de organismos fue el acahual con 4,145 organismos de igual manera este sitio presentó el valor más alto de dominancia $\lambda= 0.0771$. El área perturbada presentó la mayor diversidad $H'= 3.0931$ y alta equitatividad $J'=0.5666$.

Palabras clave: degradación, materia orgánica, abundancia, microartrópodos.

2. INTRODUCCIÓN

Las selvas de Quintana Roo constituyen un recurso natural de gran importancia, económica, ecológica y cultural no solo para el estado. Sino para todo México. El manejo y la conservación de dichos ecosistemas resulta imprescindible para el desarrollo sostenible de los recursos forestales y del suelo de esta región (Rodríguez et al., 2001). Estos ecosistemas están formados por vegetación arbórea de origen tropical; con un gran número de especies vegetales, entre los cuales se encuentran: bejucos, plantas epífitas y lianas, así como árboles de gran altura e importancia económica por su madera y las resinas que producen. Las selvas se clasifican por su altura y por la caducidad de sus hojas. En Quintana Roo predomina la selva mediana subperennifolia (Ek-Díaz 2011). En esta selva predominan árboles de diferentes alturas, distribuidos principalmente en tres estratos de cuatro a 12 metros, el segundo de 12 a 22 y el tercero de 20 a 30 metros. Las especies características en este tipo de selva son: ramón (*Brosimum alicastrum*), chakah (*Bursera siamaruba*), chicozapote (*Manilkara zapota*), ya'axnik (*Vitex gaumeri*), pucté (*Bucida buceras*), caoba (*Swietenia macrophylla*) cedro (*Cedrela odorata*) y presencia de abundantes orquídeas, bromeliáceas y aráceas (Ek-Díaz 2011). La fertilidad y el buen estado de conservación de los suelos en los ecosistemas tropicales es el resultado de la rápida circulación de nutrientes a través de la caída y descomposición de hojarasca (Ola-Adams y Egunjobi, 1999; en Sundarapandian et al., 1999).

Los suelos son un recurso natural limitado que constituye la base para el cultivo de alimentos; almacenaje y filtración de agua; además de albergar importantes grupos de organismos entre los que están incluidas: bacterias y hongos, algas microscópicas, así como microartrópodos edáficos, que incluye muchas especies poco conocidas (Vázquez et al., 2001; Palacios-Vargas, 2003). Estos organismos son importantes para la degradación de la materia orgánica, manteniendo al suelo fértil; sin embargo, en la actualidad las diferentes actividades que se realizan por parte del hombre han ido afectando negativamente la presencia de la biodiversidad edáfica (Vázquez, 1999).

En el suelo y hojarasca se encuentra una gran diversidad de organismos de diferentes tamaños. La macrofauna comprende a aquellos organismos que tienen un tamaño de 2 a 20 mm, entre los que se encuentran los insectos, ciempiés y milpiés. La mesofauna está integrada por organismos que miden 0.2 y 2.00 mm como los ácaros y la microfauna está integrada por organismos que miden menos de 0.2mm constituida por los microartrópodos edáficos, entre estos se encuentran los ácaros oribátidos y los insectos colémbolos (Palacios-Vargas, 2003).

El objetivo principal de esta investigación fue conocer el tiempo de degradación de la materia orgánica, y de descomposición de la necromasa, así como su relación con la biota edáfica en tres sitios diferentes: un área perturbada, un acahual y una selva mediana.

3. ANTECEDENTES

En las selvas y los acahuales la caída de hojarasca (hojas y ramas de los árboles) es la principal aportación de materia orgánica al suelo (Reyes-Carrera et al., 2013), y esta última se encuentra en estrecha relación con los factores físicos como la temperatura, la precipitación y la humedad (Álvarez-Sánchez., 2001). Así mismo con los integrantes de la fauna edáfica presente en estos sitios y entre todos ellos jugaran un papel muy importante en el proceso de degradación de la materia orgánica y con ello mantener la fertilidad de estos (Vázquez, 2001) siendo un indicador biológico en la calidad del suelo (Bedano, 2007).

Determinar la cantidad de producción de hojarasca en los ecosistemas nos permite entender la dinámica de los ecosistemas, reconocer las especies resilientes a los cambios físicos y químicos provocados por el cambio climático y con ello poder establecer mejores prácticas de manejo (López-López et al., 2013 en Molina, 2014). Para conocer lo que se ha hecho en estudios de degradación de materia orgánica se revisó bibliografía sobre el tema habiéndose encontrado que: se han realizado diversos trabajos nacionales e internaciones con el objetivo de medir la tasa de la descomposición de la materia orgánica utilizando el método de bolsas de descomposición, y la presencia de la fauna edáfica. Kerberg et al., (2008) menciona que las mediciones periódicas y la descomposición de la hojarasca se realiza a base de técnicas y/o métodos como: el balance de masas, las bolsas de hojarasca y las hojas atadas; para ello se debe de utilizar el método apropiado para el estudio que se desee realizar.

Sundarapandian et al., (1999) realizaron un estudio denominado “Producción y descomposición de la hojarasca de especies arbóreas en los bosques tropicales de Kodayar, en los Ghats occidentales, India” en cuatro diferentes sitios con el objetivo de comprobar si la caída de hojarasca depende de la composición florística, la densidad, el área basal y el régimen de perturbaciones, utilizando el método de la bolsa de hojarasca; como resultado se observó una mayor caída de hojarasca en el sitio sometido a perturbaciones antropogénicas, pastoreo y recolección de productos forestales en un bosque caducifolio y sitio inalterado de un bosque

perennifolio. En los sitios del bosque caducifolio las hojas perdieron su masa total entre los 10 y 12 meses, mientras que en los bosques perennifolios la pérdida de masa de diferentes especies arbóreas fue más rápida, así mismo encontraron que la caída de hojarasca no presenta una relación directa con el área basal y la densidad de las especies arbóreas.

Domínguez et al, (2020) en un estudio que llevaron a cabo en Tabasco, y que lleva por nombre “Producción y tasa de descomposición de hojarasca en acahuales de Tabasco, México” tuvo como objetivo determinar la producción, pérdida y tasa de descomposición de hojarasca en dos sitios de vegetación: acahuales y selva subperennifolia. Obteniendo una variación de peso en la caída de hojarasca en los diferentes sitios; siendo la selva mediana subperennifolia la que presentó una velocidad superior en la descomposición de la hojarasca presentando la mayor tasa de descomposición a diferencia de los acahuales donde se registró una menor tasa de descomposición.

Un trabajo realizado sobre la Producción y tasa de descomposición en acahuales de selva caducifolia en Chiapas (Vázquez et al., 2013), se establecieron cuatro parcelas de diferentes edades, parcela uno (5-6 años), parcela dos (14 años), parcela tres (18-20 años) y parcela cuatro (más de 20 años), reportaron que, la tasa de descomposición de la hojarasca y su potencial de acumulación de carbono al suelo forestal en la Reserva de la Biosfera El Ocote fue en el acahual más maduro, mientras que en el acahual más joven se obtuvo la mayor producción de hojarasca. En el estado de Veracruz, Villavicencio-Enríquez (2012), llevo a cabo un trabajo sobre la producción, pérdida de peso y tasas de descomposición de hojarasca en cafetales, registró que en el sistema tradicional de café se hubo una mayor producción de hojarasca durante el año de estudio en el periodo de enero a junio, siendo en la estación seca donde la pérdida de peso fue más acelerada.

En otro estudio realizado por Marmolejo et al, (2013) en terrenos de la Facultad de Ciencias Forestales y del Centro de Producción Agropecuaria, en la Universidad Autónoma de Nuevo León, denominado “Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco” en el cual se colocaron bolsas de descomposición de hojarasca en cuatro sitios diferentes: en un

matorral con degradación incipiente, matorral muy degradado y dos áreas de matorral conservado. Este estudio muestra que los porcentajes de degradación más altos se registraron en los sitios conservados y de igual manera la mayor tasa de descomposición se registró en el mismo sitio.

En la península de Yucatán, Xuluc-Tolosa et al. (2003) realizaron un estudio para evaluar la tasa de descomposición de la hojarasca de especies arbóreas en tres fases de diferentes crecimientos del bosque secundario seco tropical con edades de tres, trece y mayores a cincuenta años. El estudio se llevó a cabo en la reserva de la biosfera de Calakmul, en el periodo de abril a octubre del año 2000, utilizando la hojarasca de tres especies de árboles: *Croton lundelli Standl*, *Metopium brownei* y *Manilkara zapota*; para este estudio la descomposición de la hojarasca fue mayor en el bosque maduro y la pérdida de masa de hojarasca fue similar en todas las especies.

En Quintana Roo se han llevado a cabo diferentes trabajos para conocer el tiempo de degradación de la materia orgánica del suelo. Rodríguez et al., (2001) llevaron a cabo un estudio denominado “Producción y descomposición de hojarasca en una selva baja inundable de la reserva de la biosfera de Sian Ka’an Quintana Roo, México”. El objetivo fue dar a conocer los procesos de entrada de materia orgánica y descomposición de la necromasa, así como su relación con la biota edáfica en una selva baja inundable, encontrando que en una selva baja inundable el desfronde de las hojas ocurre todo el año, en este estudio se observó que en el periodo de lluvias la producción de hojarasca fue menor y la mayor producción se obtuvo en el periodo de secas. Hay una diferencia entre la descomposición de la hojarasca respecto a la presencia de la fauna edáfica, encontrando que los valores máximos de densidades poblacionales se registran en los meses anteriores a los máximos de descomposición y de precipitación.

Ojeda et al. (2015), en un estudio en el Tecnológico de la Zona Maya (municipio de Othón P. Blanco Quintana Roo) que tiene por nombre “Descomposición y liberación de nutrientes de las hojas de cuatro leguminosas arbóreas en un sistema silvopastoril”, evaluó la tasa de descomposición de la hojarasca de (*Piscidia piscipula*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Lisiloma latisiliquum*) en un

suelo luvisol durante la época de lluvias utilizando el método de las bolsas de descomposición. Este estudio muestra que la mayor velocidad de descomposición de hojarasca se presentó en la especie de *Leucaena leucocephala* la misma que fue la que presentó la mayor tasa de descomposición siendo $k=0.42$.

Con relación al comportamiento de los organismos de microartrópodos edáficos en suelos impactados por actividades humanas.

Fredes et al. (2009) evaluaron la distribución de ácaros oribátidos y colémbolos de suelo frente al impacto del tránsito humano, considerando tres zonas de impacto: máximo, medio y mínimo, en el área recreativa en Miramar, Argentina. En las tres zonas de impacto se presentó una especie en común de ácaro oribátido *Microppia minus* mientras que la especie *Brachychthonius sp.* se registró en la zona de impacto máximo siendo esta la especie dominante.

Hernández y Argüelles (2022) en su estudio realizado en Raudales Quintana Roo, sobre la diversidad y riqueza específica de Microartrópodos edáficos en tres ecosistemas a saber: selva mediana subperennifolia, selva mediana subcaducifolia y manglares, registraron un total de 23,111 organismos pertenecientes a 47 familias siendo el orden Cryptostigmata el que presenta un mayor porcentaje de organismos; mientras que la selva mediana presentó una mayor abundancia durante las tres temporadas con un total de 9909 organismos.

En otro trabajo realizado por Che-Uc et al., (2019) denominado “Ácaros oribátidos de una Selva Secundaria y un Cultivo de Maíz en el ejido de Nicolas Bravo, Quintana Roo, México” llevado a cabo en los meses de mayo, junio y julio en el año del 2012, se registró un total de 1094 ácaros oribátidos, de los cuales 971 organismos se registraron en la vegetación secundaria y 123 organismos en el cultivo de maíz. Las familias más abundantes fueron Oppidae, Galumnidae, Scheloribaidae, Haplozetidae, Hypochthonidae y Ceratozetidae.

En la investigación realizada por Puc-Paz (2016) en el ejido de Petcacab Quintana Roo, con el objetivo de determinar la variación espacial de la diversidad y abundancia en los ácaros oribátidos de áreas con cuatro distintos usos de suelo a saber: un área mecanizada, un área de cultivo, un rancho ganadero y en una selva. Se observó un total de 547 ácaros oribátidos que pertenecen a 37 familias, la selva

registró la mayor abundancia de ácaros con 417 organismos. Al realizar la comparación de los sitios no se encontró una diferencia significativa en los valores de diversidad.

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizó en el ejido de Petcacab Quintana Roo. Es un ejido forestal donde se encuentra una diversidad tanto de árboles maderables como no maderables, es un sitio con una gran diversidad en flora y fauna. Al ser un lugar donde hay una variedad de vegetación arbórea, se produce una gran cantidad de hojarasca que cae directamente al suelo. Sin embargo, no se sabe en cuanto tiempo esta materia orgánica se va degradando, debido a que los sitios de muestreo se aprovechan de manera diferente por las prácticas culturales de la comunidad (roza, tumba y quema para el cultivo de la milpa maya).

Es importante mencionar que los microorganismos que habitan en el suelo asociados con los factores físicos como la temperatura, humedad y precipitación cumplen una función importante al momento de la descomposición de la materia orgánica (partes de hojas, troncos y ramas), liberando materiales de desecho ricos en nutrientes que favorecen a la fertilidad de los suelos, como los microartrópodos edáficos (ácaros y colémbolos) que participan en este proceso (Rodríguez et al., 2001), y que son considerados en este estudio.

La presente investigación se centra en conocer el tiempo de degradación de la materia orgánica en tres sitios, dos con diferente grado de perturbación (un área de cultivo y un acahual con 8 años de abandono y recuperación), y uno sin perturbación (selva mediana subperennifolia conservada); y conocer e identificar la biodiversidad de microartrópodos edáficos presentes en cada uno de los sitios. Este estudio es el primero en su tipo en la comunidad de Petcacab, Quintana Roo.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cuál es la relación entre el tiempo de degradación de la materia orgánica y diversidad y abundancia de microartrópodos edáficos? ¿Qué otros factores físicos intervienen en este proceso?

6. HIPÓTESIS

En el suelo de una selva tropical hay una gran diversidad de microartrópodos edáficos los cuales llevan a cabo todas sus funciones en este microambiente. La hojarasca, ramas y troncos, así como restos de otros organismos son degradados y consumidos por los miles de organismos que habitan en el suelo, acelerando el proceso de degradación y liberación de nutrientes. Existe una relación entre el tiempo de degradación de materia orgánica y la diversidad y abundancia de microartrópodos edáficos, así como entre los factores físicos.

7.OBJETIVOS

7.1 Objetivo general

Conocer la relación entre el tiempo de degradación de la materia orgánica y la diversidad y abundancia de los microartrópodos edáficos, así como de los factores físicos presentes, en tres sitios con diferente grado de perturbación: 1) área de cultivo, 2) acahual con 8 años de abandono y recuperación y 3) selva mediana subperennifolia, sin perturbación humana.

7.2 Objetivos específicos

- Conocer, identificar, y enlistar la diversidad de microartrópodos edáficos (ácaros y colémbolos) presentes en la materia orgánica.
- Conocer el índice de diversidad, dominancia, y equitatividad de los microartrópodos edáficos.
- Conocer el tiempo de degradación de la hojarasca en los tres sitios de estudio
- Relacionar la degradación de la materia orgánica con factores físicos.
- Relacionar la degradación de la materia orgánica con el índice de diversidad de los microartrópodos edáficos.
- Elaborar una base de datos con la información de las especies de microartrópodos identificados.

8. ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se desarrolló en el ejido de Petcacab Quintana Roo, perteneciente al municipio de Felipe Carrillo Puerto Quintana Roo, que tiene por coordenadas $19^{\circ} 17' 20''$ latitud norte y $88^{\circ} 13' 31''$ longitud oeste (**Fig. 1**).

El estudio se llevó a cabo en tres sitios diferentes; el sitio uno es un área perturbada con coordenadas N $19^{\circ} 17' 42''$ y $88^{\circ} 13' 44''$ O; el sitio dos un acahual N $19^{\circ} 17' 48''$ y $88^{\circ} 14' 12''$ O; y el sitio tres, un área forestal conservado N $19^{\circ} 17' 47''$ y $88^{\circ} 14' 12''$ O, ubicado a las orillas de la carretera de la comunidad. Se puede acceder por vía terrestre, la comunidad colinda al norte con el poblado de Chan Santa Cruz y al sur con el poblado de Noh-Bec Quintana Roo.

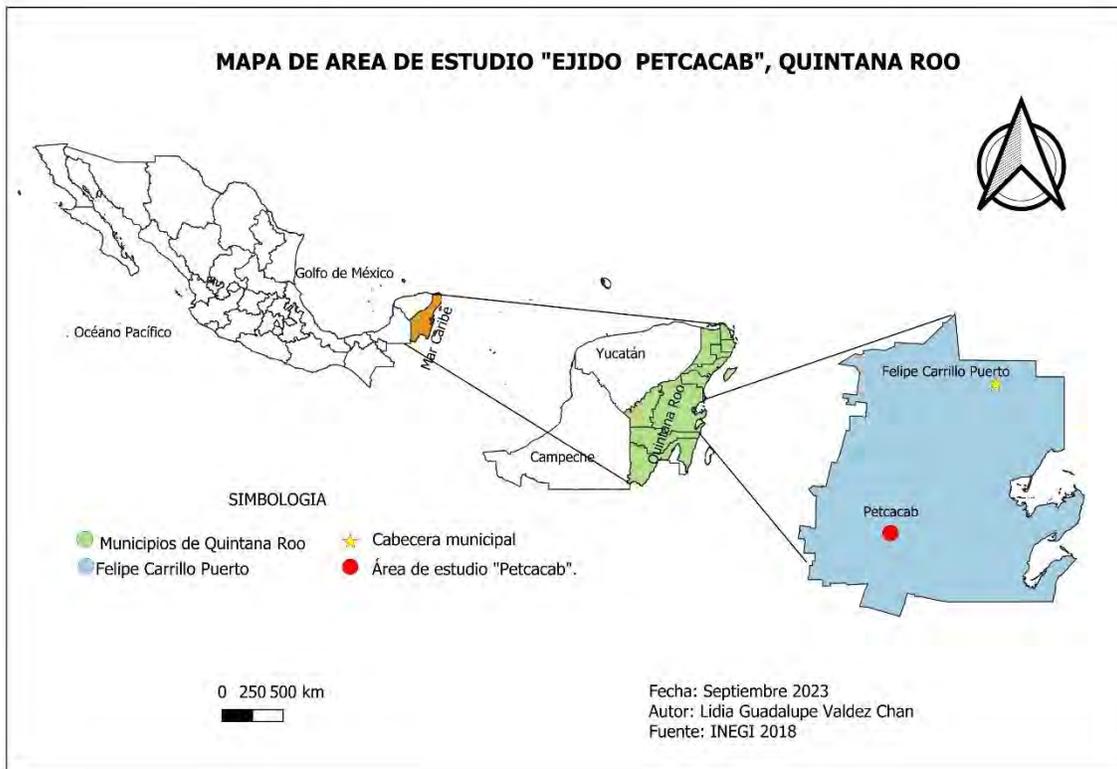


Figura 1. Área de estudio. "Ejido Petcacab Quintana Roo". Elaboración propia. Valdez, L.

Sitio 1: Área perturbada

En este sitio la vegetación original fue talada para poder realizar actividades de agricultura, en la actualidad este sitio se está ocupando para la siembra de diferentes cítricos (**Fig.2**) como limón persa (*Citrus latifolia Tanaka*), mandarina (*Citrus reticulata*) y naranja dulce (*Citrus sinensis*); en los alrededores del área cuenta con algunos árboles de la vegetación original, como chaká (*Bursera simaruba*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), chechén (*Metopium brownei*), kitam che' (*Caesalpinia gaumeri*), negrito (*Simarouba glauca*).



Figura 2. Sitio 1, Área perturbada. Fotografía: Valdez, L.

Sitio 2: Acahual

En el sitio dos ya se había ocupado con anterioridad para realizar actividades forestales y la milpa maya (diez años de abandono). Se conoce como acahual a la vegetación secundaria que se reestablece después de haber ocupado el área y que se deja descansar por un tiempo para volver a ocuparse (Gaceta del senado, 2014). En esta área se encuentran árboles de una altura de tres a cinco metros. Como chechén (*Metopium brownei*), ciricote (*Cordia angiocarpa*), jabín (*Piscidia piscipula*), chaká (*Bursera simaruba*), tzalam (*Lysiloma latisiliquum*), huano (*Sabal yapa*), katalox (*Swartzia cubensis*), popistle (*Blepharidoum mexicanum*), guarumo (*Cecropia peltata*), zapote (*Manilkara zapota*) (Fig. 3).



Figura 3. Sitio 2, Acahual. Fotografía: Valdez, L.

Sitio 3: Selva mediana

La selva está conformada por vegetación arbórea principalmente de origen tropical, se encuentran diferentes especies vegetales, la mayoría presentan contrafuertes, los bejucos, lianas y plantas epifitas son característicos de la selva (Ek-Díaz 2011). La selva mediana subperennifolia es una de las más extensas que se encuentran en el estado de Quintana Roo (Ek-Díaz 2011), y este sitio forma parte de la selva mediana subperennifolia. La vegetación se encuentra en buen estado de conservación ya que no se ha realizado ninguna actividad que la afecte, es un lugar que se mantiene fresco y húmedo, con árboles de una altura entre quince a veinte cinco metros, sus troncos son menos gruesos a diferencia de los otros tipos de selvas. (Ek-Díaz 2011). En este sitio se tienen especies como jabín (*Piscidia piscipula*), cedro (*Cedrela odorata*), chico zapote (*Pouteria sapota*), chechén (*Metopium brownei*), chaká (*Bursera simaruba*), caoba (*Swietenia macrophylla*), canistel (*Pouteria campechiana*), popistle (*Blepharidoum mexicanum*) y bejucos (Fig. 4).



Figura 4. Sitio 3, Selva mediana. Fotografía: Valdez, L.

8.1 Clima

En la comunidad de Petcacab Quintana Roo el clima que predomina es de tipo Aw (Cálido subhúmedo) con lluvias en verano y con un periodo corto de lluvias de febrero a marzo.

La temperatura media anual es de 24.3° C. y la precipitación media anual registra 1344 mm, presentando una variación en el mismo año (con máximas entre junio y septiembre) y se presenta una alta humedad (Ramírez Barajas et al., 2001).

8.2 Vegetación

La vegetación que predomina es la selva mediana subperennifolia, también se encuentran zonas de sabana y selva baja inundable, por ser una zona con una buena conservación de vegetación, se encuentra una gran biodiversidad de flora y fauna. La selva mediana subperennifolia abarca el 75% de la superficie, las sabanas y los bajos conforman un 20%. En la selva mediana subperennifolia los árboles alcanzan alturas de 25 m, la selva baja inundable se caracteriza por tener árboles que alcanzan una altura de 4 a 12 m. Las sabanas alcanzan niveles de agua de 3 a 4 m de profundidad, ya que depende a la frecuencia de lluvias que se presenta. Las especies de árboles que se pueden encontrar son pukté (*Bucida buceras*), chechén (*Metopium brownei*), chico zapote (*Manilkara zapota*), al igual que se presenta una variedad de orquídeas y bromelias (Ramírez Baraja et al., 2001).

8.3 Suelo

En la zona se encuentran suelos con poca profundidad, de color rojizo y negro, denominados en la clasificación maya chak lu'um (suelo rojo) y boox lu'um (suelo negro). El suelo formado y la materia orgánica en descomposición proveniente de la hojarasca de los árboles, es la base fértil del sustrato que mantiene a la vegetación (Ramírez Baraja et al., 2001).

9. Metodología

Bolsas de descomposición

Para evaluar la pérdida y tasa de descomposición de hojarasca, se utilizó el método de bolsas de descomposición (Bärlocher,2005).

Se diseñaron 9 bolsas con material de malla mosquitero, con medidas de 25 cm x 25 cm, se cosieron las partes laterales de la bolsa con ayuda de una aguja capotera y cordel, dejando una abertura donde posteriormente se introdujo la hojarasca (Fig.5).



Figura 5: Materiales para la elaboración de las bolsas de malla. Fotografía: Valdez, L.

9.1 Trabajo de campo

Degradación de la Materia Orgánica

Para evaluar la pérdida y tasa de descomposición de la hojarasca se utilizó el método de bolsas de descomposición en tres sitios: una selva mediana, un acahual y un área de aprovechamiento (área cultivada) colocando tres bolsas de malla en cada uno de los sitios en las que se depositaron 300 g de hojarasca en cada una de ellas, teniendo un total de 9 bolsas la cual se revisaron y pesaron cada mes (**Fig.6**). El proceso de la degradación de la materia orgánica se realizó durante las tres temporadas o periodos, el primer periodo conocido como lluvias en el mes de octubre, el periodo de nortes en el mes de diciembre siendo el mes más frío, y el mes de febrero; el tercer periodo conocido como secas abarca los meses de marzo, abril y principios del mes de mayo. Siendo la temperatura y la humedad (debida a la precipitación) factores importantes para la degradación de la hojarasca.



Figura 6: Pesaje de las muestras. Fotografía: Valdez, L.

Se colocaron trampas de malla mosquitero de 1 x 1 m para la obtención y acumulación de hojarasca en cada sitio, teniendo un total de tres trampas sostenidas en los árboles obteniendo el peso de la caída de hojarasca en un determinado tiempo (un mes) **(Fig. 7)**.



Figura 7. Malla extendida para la obtención de Hojarasca. Fotografía: Valdez, L.

9.2 Colecta

Se tomaron tres muestras de hojarasca cercanas a las bolsas de cada sitio de una superficie de 20 cm², de un área cultivada, de un acahual y de una selva mediana, teniendo un total de nueve muestras por cada sitio. Las muestras de hojarasca se pusieron en bolsas de manta, se etiquetaron con los datos del sitio que fue colectado: fecha, tipo de vegetación, y número de muestra.

Se realizaron tres muestreos: el primer muestreo en el mes de octubre correspondiente a la temporada de lluvias, el segundo muestreo en el mes de diciembre, correspondiente a la temporada de nortes en el año de 2022. El tercer y último muestreo se realizó en el mes de marzo del año de 2023, correspondiente a la temporada de secas, teniendo un total de 27 muestras.

Las muestras de hojarasca se llevaron al laboratorio de microartrópodos edáficos, para ser procesados por medio de los embudos de Berlesse-Tullgren (Palacios-Vargas et al., 2007) para obtener los organismos (microartrópodos) presentes en el área de estudio que están contribuyendo a la descomposición de la hojarasca (Fig.8).



Figura 8. Obtención de las muestras de suelo y hojarasca. Fotografía: Valdez, L.

9.3 Trabajo de laboratorio

Obtención de organismos

En el laboratorio de microartrópodos edáficos de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo, las muestras se procesaron por medio de los embudos de Berlesse-Tullgren (Palacios-Vargas et al., 2007). La hojarasca fue colocada sobre una malla de la parte superior del embudo, los organismos bajan y caen en el frasco colector que se colocó en la parte inferior del embudo con alcohol al 70%.

Las muestras se dejaron por cinco días en las trampas, en este caso no se utilizaron los focos y se dejó a temperatura ambiente.

El principal objetivo de este método para la extracción de los microartrópodos se basa en el fototropismo negativo que presentan los organismos y su capacidad de movimiento hacia las capas del suelo u hojarasca (Vázquez, 1999).

Los organismos obtenidos se cuantificaron e identificaron bajo un microscopio estereoscopio a nivel familia, y fueron colocados en viales con alcohol etiquetándolos con un número de muestra, fecha y el sitio de colecta (**Fig. 9**).



Figura 9. Método embudo de Berlesse-Tullgren (Palacios-Vargas et al.,2007) para la obtención de los microartrópodos edáficos. Fotografía: Valdez, L.

9.4 Medición de Temperatura y Humedad

Al realizar las colectas, se midió la temperatura en cada uno de los sitios utilizando un termómetro de vástago, el cual fue introducido a una profundidad de entre 5 cm y 10 cm aproximadamente. Para la medición de humedad del suelo se tomaron muestras adicionales de 150 gr de suelo las cuales se pesaron con una balanza granataria de laboratorio, **(Fig. 10)**.

Posteriormente se llevaron a la estufa del laboratorio dejándolo por cinco días para ser secados **(Fig.11)**, se retiraron después de cinco días y se volvieron a pesar, obteniendo la pérdida de peso y humedad a través del método gravimétricos.



Figura 10. Pesaje de las muestras de suelo. Fotografía: Valdez, L.



Figura 11. Introducción de las muestras de suelo a la estufa para el secado. Fotografía: Valdez, L.

10. Análisis estadísticos

Se calculó la pérdida de peso de la materia orgánica, se calculó la abundancia total, abundancia relativa y los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), de dominancia de Simpson, (λ) y de equitatividad de Pielou (J').

10.1 Riqueza específica

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001).

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

Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995: en Moreno, 2001). Asume que los individuos fueron escogidos al azar, y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S , cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988: en Moreno, 2001).

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

Donde

p_i = abundancia proporcional de la especie i

10.3 Dominancia de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Esta fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974: en Moreno, 2001). Como

su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Moreno, 2001).

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

Donde

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre número total de individuos de la muestra. (Moreno, 2001).

10.4 índice de Equitatividad 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 (Magurran, 1988 en: Moreno, 2001).

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

H' es el índice de diversidad de Shannon-Wiener

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

S: número de especies

10.5 Tasa de descomposición

La tasa de descomposición de la materia orgánica se calculó mediante la fórmula de Olson (1963).

$$k = \frac{-\ln(X/X_0)}{t}$$

Donde

k = tasa de descomposición

X = peso de la hojarasca en un tiempo dado

X_0 = peso inicial de la hojarasca en el tiempo cero

t = tiempo (días)

10.6 Regresiones lineales

Las regresiones lineales son una técnica de un modelo estadístico en la que describe la relación entre una variable o varias variables, teniendo una variable dependiente y otra variable independiente. Permite estimar cuánto crece o decrece una variable con relación con la otra (Dagnino 2014).

11. Resultados estadísticos

11.1 Degradación de la materia orgánica

Al inicio del trabajo las bolsas de materia orgánica iniciaron con un peso de 300 gr el 22 de octubre del 2022, finalizando el pesaje el 13 de mayo del 2023.

11.2 Porcentaje de pérdida de peso de la materia orgánica a través del tiempo y tasa de descomposición.

Los porcentajes de degradación de la materia orgánica por sitio fueron del 76.44% para el sitio 1 (área perturbada), 73.89 % para el sitio 2 (acahual) y 68.11% para el sitio 3 (selva mediana), quedando como materia orgánica sin descomponer el 23.56 %, 26.11% y 31.80 % para los sitios 1,2 y 3 respectivamente.

Sitio 1	Fecha de pesaje						
#Trampa	22-oct-22	3-dic-22	11-feb-23	11-mar-23	26-mar-23	11-abr-23	13/5/2023
1	300	474	363	187	146	103	83
2	300	467	297	211	113	89	74
3	300	425	315	230	133	65	55

Tabla 1. Pérdida de peso del sitio 1(área perturbada).

Promedio peso final	70.67	porcentaje	100
Peso inicial	300	23.56	

Tabla 2. Porcentaje final de la materia orgánica, sitio 1.

Perdida de peso	100	76.44
------------------------	-----	--------------

Tabla 3. Porcentaje de perdida de la materia orgánica, sitio 1.

Sitio 2	Fecha de pesaje						
#Trampa	22-oct-22	3-dic-22	11-feb-23	11-mar-23	26-mar-23	11-abr-23	13/5/2023
1	300	455	393	227	192	76	60
2	300	553	383	224	210	108	86
3	300	536	355	281	235	108	89

Tabla 4. Pérdida de peso del sitio 2 (acahual).

Promedio peso final	78.33	porcentaje	100
Peso inicial	300	26.11	

Tabla 5. Porcentaje final de la materia orgánica, sitio 2.

Perdida de peso	100	73.89
------------------------	-----	-------

Tabla 6. Porcentaje de pérdida de la materia orgánica, sitio 2.

Sitio 3	Fecha de pesaje						
#Trampa	22-oct-22	3-dic-22	11-feb-23	11-mar-23	26-mar-23	11-abr-23	13/5/2023
1	300	468	447	251	188	107	94
2	300	474	399	252	194	118	102
3	300	568	546	319	302	108	91

Tabla 7. Pérdida de peso sitio 3 (selva mediana).

Promedio peso final	95.67	porcentaje	100
Peso inicial	300	31.89	

Tabla 8. Porcentaje final de la materia orgánica, sitio 3.

Perdida de peso	100	68.11
------------------------	-----	-------

Tabla 9. Porcentaje de pérdida de la materia orgánica, sitio 3.

11. 3 Tasa de descomposición

En cuanto a la tasa de descomposición, los valores de k fueron de $k=2.60$ para el sitio 1 (área perturbada), $k=2.41$ para el sitio 2 (acahual) y $k= 2.05$ para el sitio 3 (selva mediana). Se presentaron diferencias en los porcentajes de degradación de la materia orgánica y la tasa de descomposición en los tres sitios. El sitio 3 (selva mediana) presentó un alto porcentaje de degradación de la materia orgánica y una alta tasa de descomposición.

Área perturbada					
#Muestra	X	X ₀	t		K
M1	83	300	203	0.56	2.31
M2	74	300	203	0.56	2.52
M3	55	300	203	0.56	3.05
	70.67	300	203	0.56	2.60

Tabla 10. Tasa de descomposición. Sitio 1.

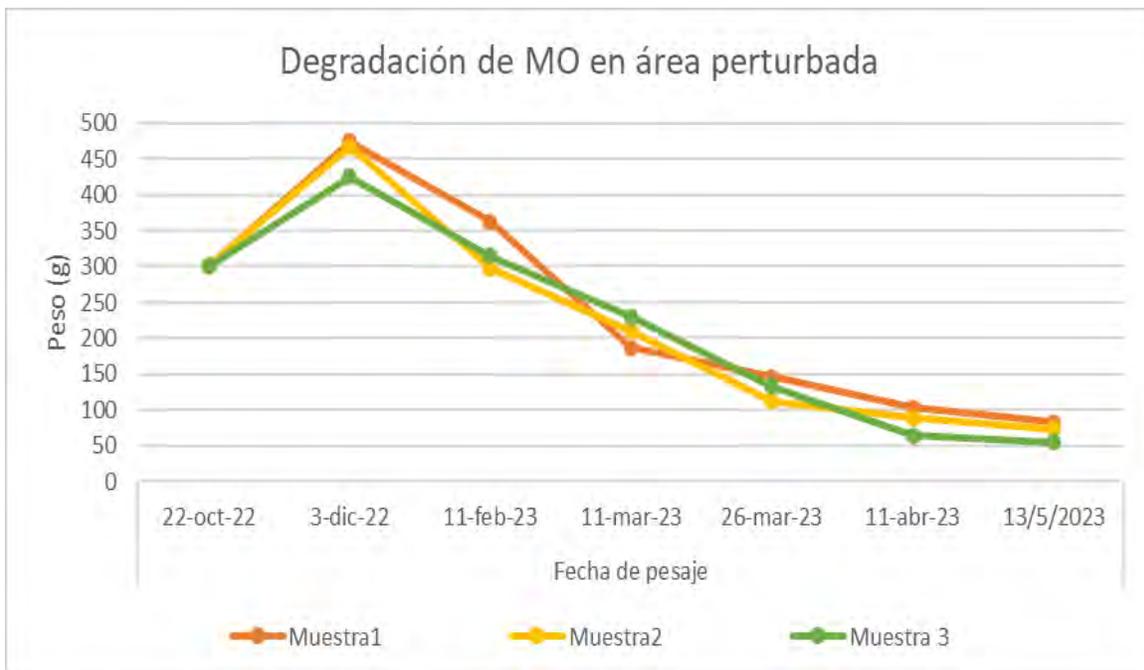
Acahual					
#Muestra	X	X ₀	t		K
M1	60	300	203	0.56	2.89
M2	86	300	203	0.56	2.25
M3	89	300	203	0.56	2.18
	78.33	300	203	0.56	2.41

Tabla 11. Tasa de descomposición. Sitio 2.

Selva mediana					
#Muestra	X	X ₀	t		K
M1	94	300	203	0.56	2.09
M2	102	300	203	0.56	1.94
M3	91	300	203	0.56	2.14
	95.67	300	203	0.56	2.05

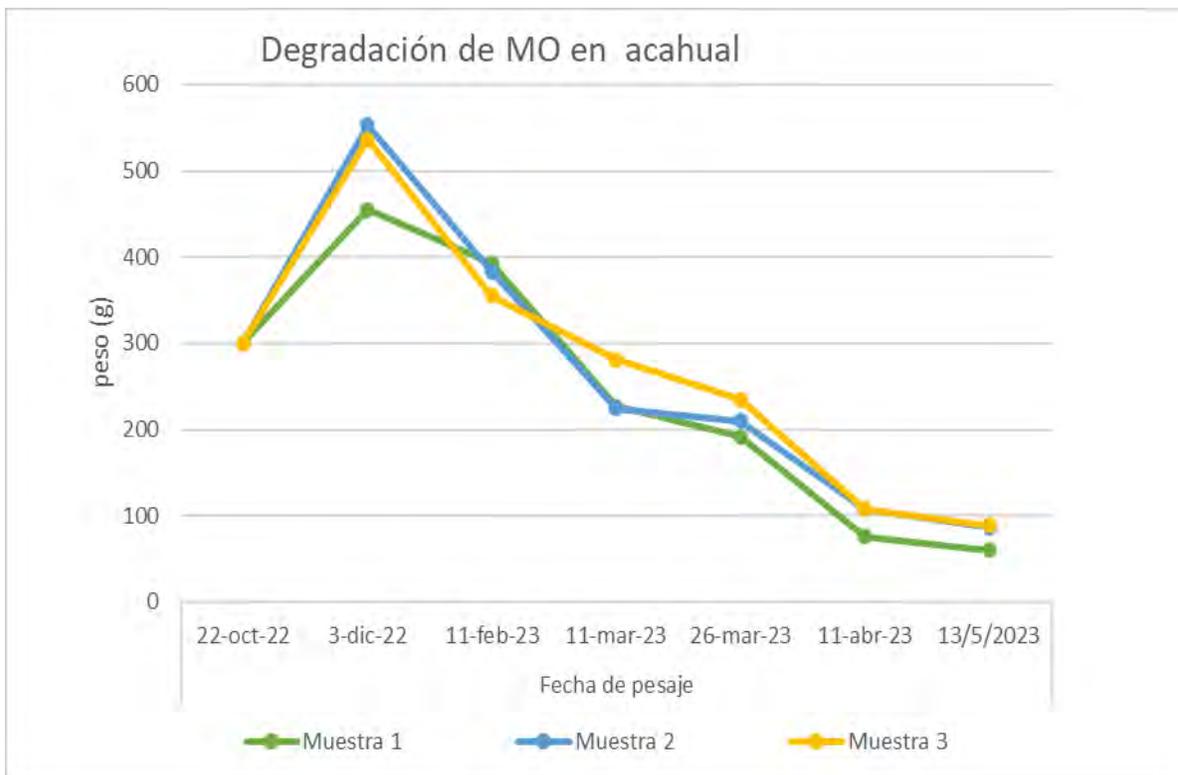
Tabla 12. Tasa de descomposición. Sitio 3.

En el sitio 1 (área perturbada) la degradación de la materia orgánica tuvo variaciones de peso en las muestras en el mes de diciembre y febrero. A partir del mes de marzo y abril las muestras mostraron un decremento de peso debido a que son meses secos. Hubo un aceleramiento en la degradación de la materia orgánica en el mes de mayo, las muestras obtuvieron un menor peso llegando a tener un peso de 55 g en una de las muestras.



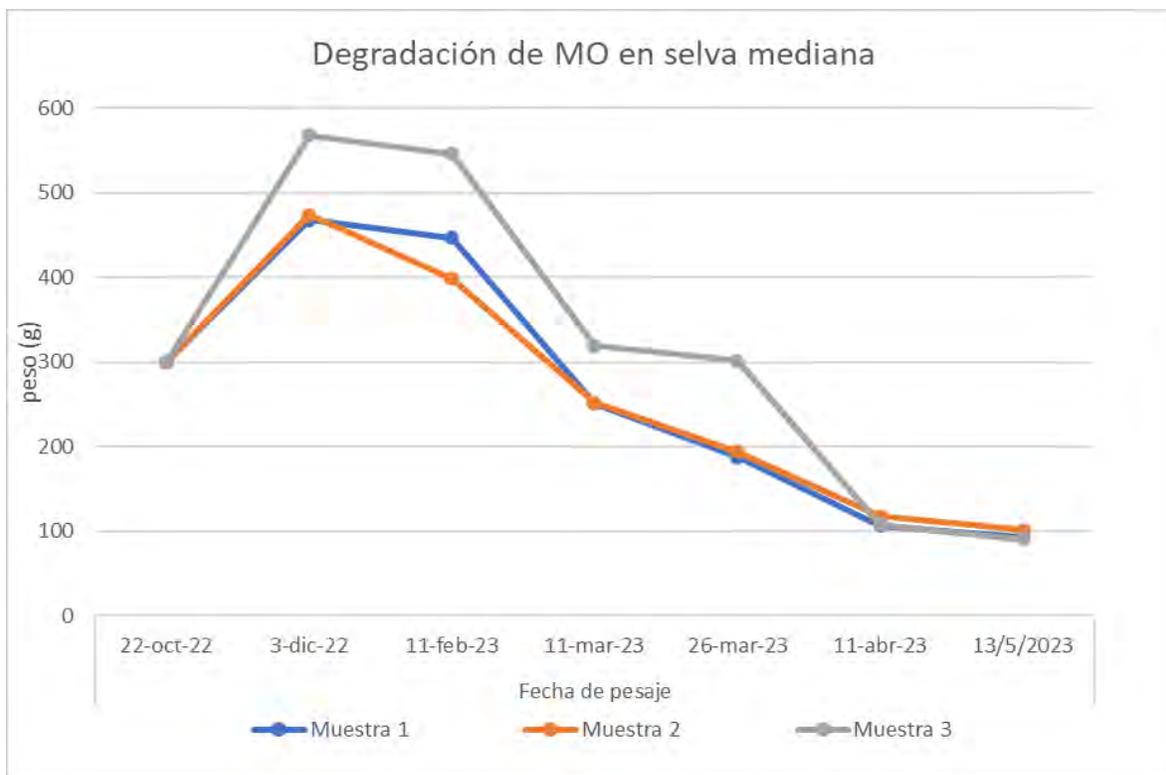
Gráfica 1. Degradación de la materia orgánica en el sitio 1.

Para el sitio 2 (acahual) se registró que en el mes de diciembre y febrero las muestras tuvieron un incremento en las tres muestras, a partir del mes de marzo las muestras presentaron una ligera disminución de peso; en el mes de abril y mayo el peso de las muestras presentó un decremento, siendo el mes de mayo donde se presentó una mayor disminución teniendo un peso 60 g en una de las muestras.



Gráfica 2. Degradación de la materia orgánica en el sitio 2.

En la selva mediana (sitio 3) en el mes de diciembre y febrero las muestras también incrementaron su peso, en el mes de marzo y abril las muestras empezaron a mostrar un decremento en su peso siendo los meses secos; del mes de abril a mayo las muestras llegaron a tener menos peso obteniendo un peso de 91 g en una de las muestras.



Gráfica 3. Degradación de la materia orgánica en el sitio 3.

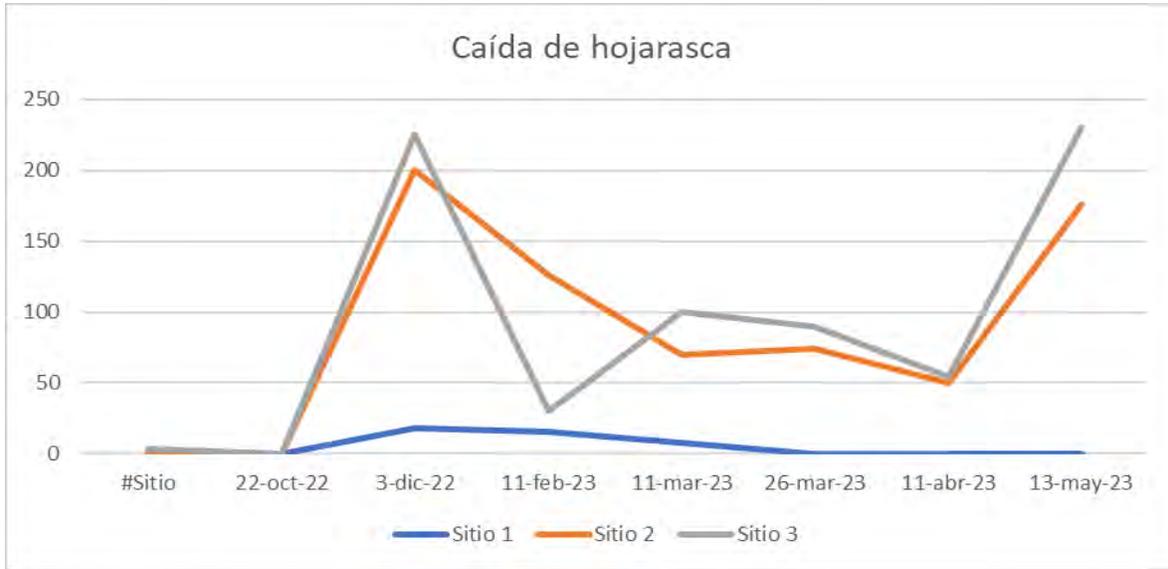
11. 4 Acumulación de hojarasca

La caída de hojarasca presentó una gran diferencia en los tres sitios durante los siete meses, en el sitio 1 (área perturbada) los primeros meses se obtuvo una pequeña cantidad de hojarasca obteniendo 18 g en el mes de diciembre, para los meses de abril a mayo no se presentó una caída de hojarasca.

En el sitio 2 (acahual) los primeros meses se obtuvo una gran cantidad de caída de hojarasca llegando a tener un peso de 200 g en el mes de diciembre, en todos los meses de colecta en este sitio se obtuvo una caída de hojarasca. Para el sitio 3 (selva mediana) los primeros meses obtuvo un peso de 225 g, en los siguientes meses se presentó caída de hojarasca con pesos altos. En los tres sitios se presentaron variaciones en los pesos de caída de hojarasca, siendo el sitio 3 en la que se obtuvo una mayor cantidad de hojarasca en el tiempo de colecta.

Malla	Caída de hojarasca						
#Sitio	22-oct-22	3-dic-22	11-feb-23	11-mar-23	26-mar-23	11-abr-23	13-may-23
1	0	18	15	8	0	0	0
2	0	200	126	70	74	50	176
3	0	225	30	100	90	54	230

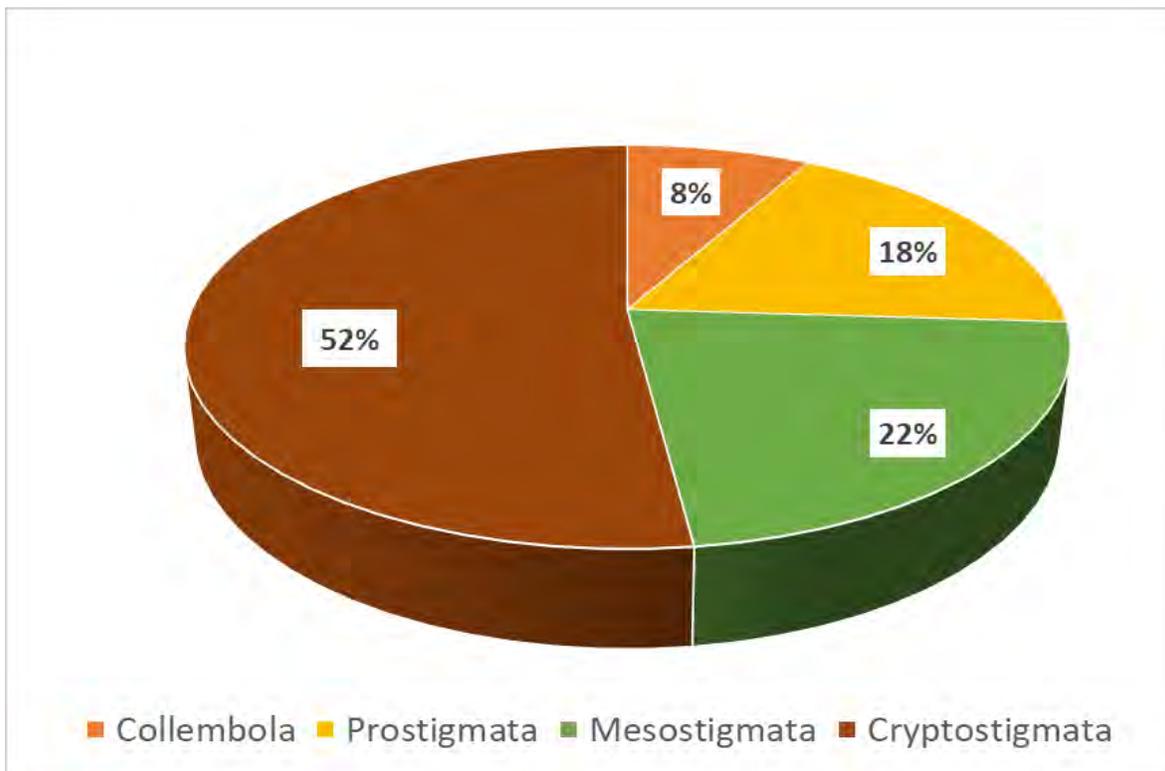
Tabla 13. Acumulación de hojarasca en los tres sitios.



Gráfica 4. Caída de hojarasca en los tres sitios.

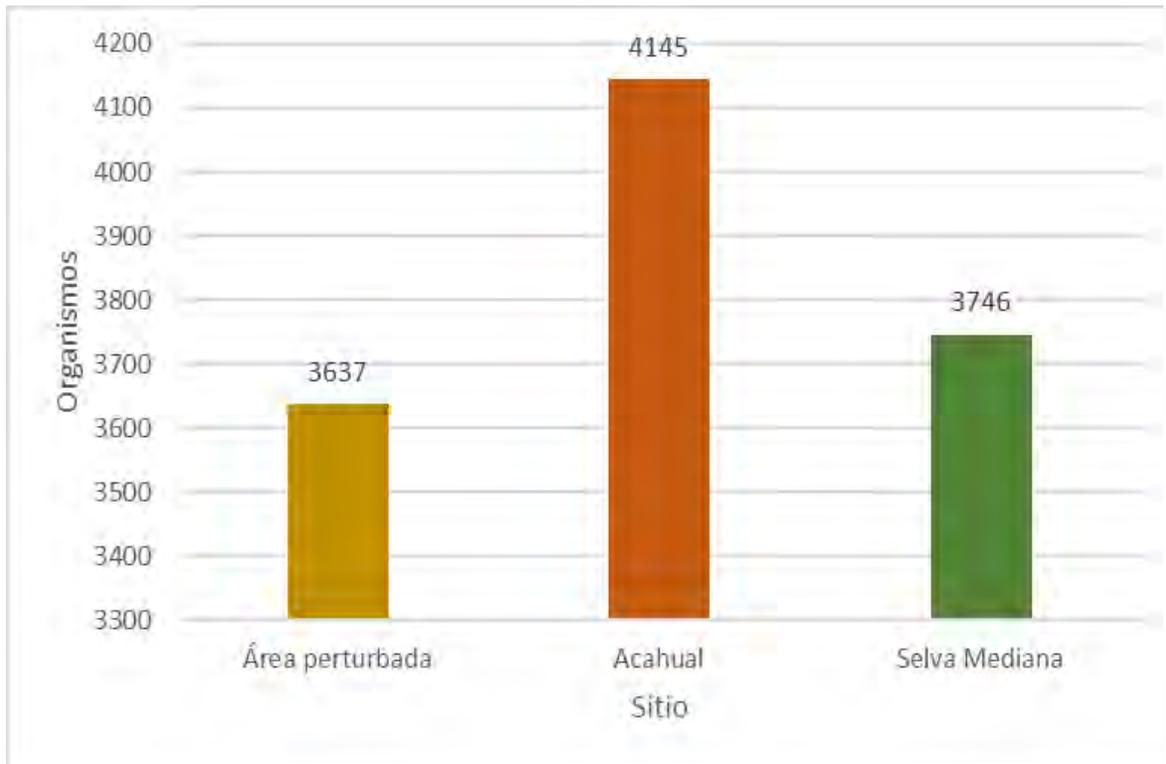
11. 5 Cuantificación e identificación de ácaros y colémbolos

Se colectó un total de 11, 528 organismos de microartrópodos edáficos constituidos por 50 familias; el grupo más abundante fueron los ácaros Cryptostigmata con 26 familias, que constituyen el 52%; en segundo lugar, los ácaros Mesostigmata con el 22% y un total de 11 familias, en tercer lugar, los ácaros Prostigmata con 9 familias y el 18% del total; por último, los insectos colémbolos con 4 familias y el 8% de abundancia.



Gráfica 5. Distribución del porcentaje de microartrópodos edáficos en los tres tipos de vegetación en el ejido de Petcacab, Quintana Roo, México.

Durante las tres temporadas (lluvias, nortes y secas) el sitio con mayor abundancia de microartrópodos fue el acahual, con un total de 4,145 organismos, seguido por la selva mediana con un total de 3,746 organismos y por último el área perturbada con un total de 3,637 organismos.



Gráfica 6. Distribución de la abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en un Área perturbada, en un Acahual y en una Selva Mediana.

Las familias más abundantes durante las tres temporadas de muestreo fueron: la familia Carabodidae con 1411 individuos, la familia Ceratozetidae con 1332 individuos, Haplozetidae con 1153 individuos, la familia Galumnidae con 883 individuos y la familia Uropodidae con 819 individuos. Y las familias menos abundantes con presencia de un individuo son la familia Eupodidae, Pachylaelapidae, Oribatellidae y Trombiculidae con 2 individuos.

Tabla 14. Distribución de la abundancia absoluta de las familias de microartrópodos edáficos en un Área perturbada, en un Acahual y en una Selva Mediana en el ejido de Petcacab, Quintana Roo, México.

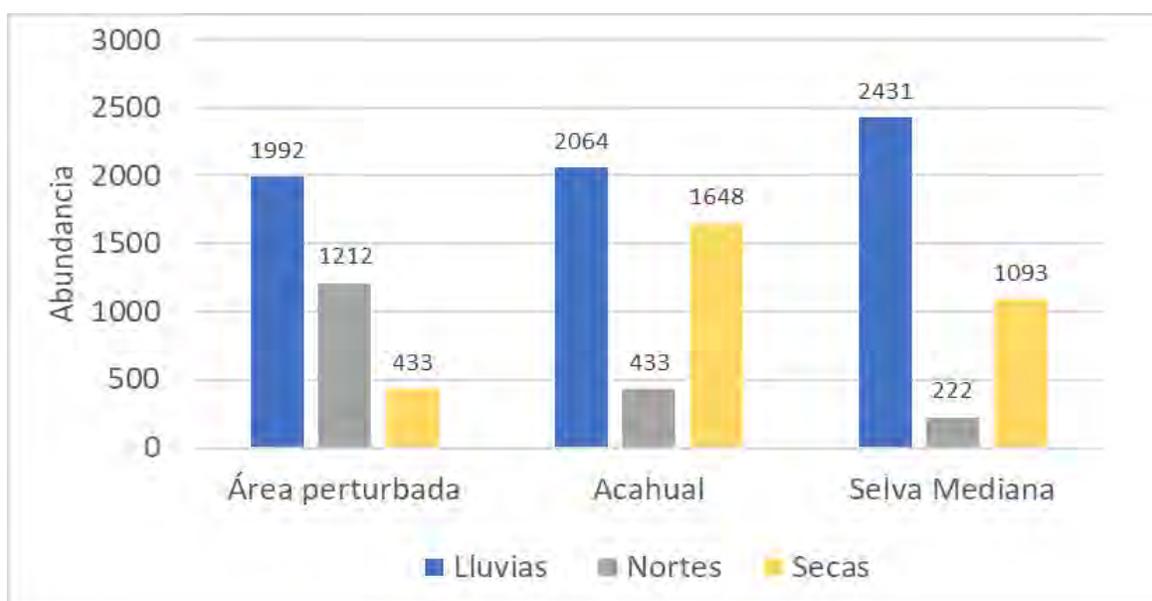
Orden	Familias	Lluvias								
		Área perturbada			Acahual			Selva mediana		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Collembola	Hypogastruridae	0	0	0	4	1	0	0	4	11
	Entomobryidae	2	1	46	49	5	11	0	0	26
	Isotomidae	2	12	70	0	0	20	2	2	36
	Sminthuridae	20	1	7	4	2	2	7	2	9
Prostigmata	Eupodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bdellidae	30	63	11	5	22	22	8	0	7
	Cunaxidae	0	0	0	0	6	0	0	0	0
	Nanorchestidae	0	0	4	33	20	0	0	0	10
	Cryptognathidae	22	168	0	0	0	0	0	4	0
	Caeculidae	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	Smarididae	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Trombidiidae	0	20	6	2	3	2	5	5	70
Trombiculidae	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
Mesostigmata	Pyrosejidae	0	0	6	0	2	5	0	0	8
	Ologamasidae	0	1	0	0	0	10	0	0	0
	Rhodacaridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	Zerconidae	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	Ascidae	52	5	0	38	30	20	1	0	28
	Podocinidae	0	0	0	0	2	1	0	0	6
	Phytoseiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pachylaelapidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Laelapidae	4	9	4	20	0	0	0	0	10
	Uropodidae	27	4	84	37	30	2	111	198	72
Trigonuropodidae	0	0	7	1	0	0	0	11	13	
Cryptostigmata	Ctenacaridae	142	69	0	0	0	80	0	0	0
	Euphthiracaridae	16	8	8	13	16	23	19	32	26
	Hypochothoniidae	0	0	36	180	46	0	0	145	45
	Sphaerochthoniidae	8	13	9	6	29	21	3	18	5
	Lohmanniidae	1	0	36	0	2	8	0	23	27
	Nothridae	3	0	12	7	1	0	13	2	6
	Crotoniidae	0	0	2	13	1	0	0	0	0
	Trhypochthoniidae	67	6	0	0	2	17	0	13	19
	Hermanniidae	9	0	2	4	0	5	7	0	4
	Nanhermanniidae	9	0	15	40	17	7	6	16	70
	Hermanniellidae	6	4	0	0	0	0	0	0	0
	Liodidae	12	27	5	8	0	4	3	2	28
	Gymnodamaeidae	0	0	0	2	0	0	0	2	0
	Platermaeidae	1	0	0	0	0	0	0	4	2
	Damaeidae	8	2	20	16	24	22	19	9	11
	Microtegeidae	0	0	0	8	8	0	0	0	6
	Eremulidae	0	0	0	67	17	25	0	0	0
	Damaeolidae	24	18	12	0	0	0	0	0	0
	Ameridae	15	6	9	0	0	0	0	0	0
	Eremobelbidae	0	0	22	2	10	7	18	25	47
	Xenillidae	16	7	0	11	0	6	12	16	21
	Carabodidae	33	82	14	48	64	155	65	115	25
	Haplozetidae	114	6	22	44	65	105	68	147	70
Ceratozetidae	76	79	49	33	56	160	98	186	74	
Oribatellidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Galumnidae	65	44	32	63	40	41	45	57	80	

Orden	Familias	Nortes								
		Área perturbada			Acahual			Selva mediana		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Collembola	Hypogastruridae	0	1	4	0	0	6	5	15	8
	Entomobryidae	0	6	0	7	3	0	7	17	12
	Isotomidae	0	0	10	3	0	0	0	0	0
	Sminthuridae	1	1	0	0	0	0	3	6	4
Prostigmata	Eupodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bdellidae	0	3	0	0	0	0	0	1	0
	Cunaxidae	0	0	1	11	0	2	0	0	0
	Nanorchestidae	1	2	17	11	13	0	0	0	0
	Cryptognathidae	21	0	0	0	0	0	0	0	0
	Caeculidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Smarididae	0	0	0	0	2	1	3	0	2
	Trombidiidae	3	1	4	1	1	1	2	0	1
	Trombiculidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesostigmata	Pyrosejidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ologamasidae	11	0	0	3	0	0	0	0	0
	Rhodacaridae	0	10	0	0	0	2	0	0	0
	Zerconidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ascidae	1	0	18	6	0	1	0	0	0
	Podocinidae	0	0	1	1	2	0	1	1	1
	Phytoseiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pachylaelapidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	Laelapidae	0	8	2	15	1	0	3	0	0
	Uropodidae	4	15	19	0	0	0	0	0	0
	Trigonuropodidae	2	0	3	0	1	0	0	0	0
Cryptostigmata	Ctenacaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Euphthiracaridae	50	20	20	26	27	5	2	6	2
	Hypochthoniidae	0	70	50	40	36	0	0	19	0
	Sphaerochthoniidae	0	3	0	2	6	3	0	0	0
	Lohmanniidae	10	0	0	2	0	0	0	0	0
	Nothridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Crotoniidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Trhypochthoniidae	110	0	0	0	3	10	0	0	1
	Hermanniidae	7	0	2	3	0	1	0	21	0
	Nanhermanniidae	6	0	2	2	13	2	17	0	0
	Hermanniellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Liodidae	85	5	4	6	1	1	1	3	4
	Gymnodamaeidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Plateremaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Damaeidae	2	3	7	0	1	0	1	0	0
	Microtegeidae	7	4	6	4	5	6	6	0	2
	Eremulidae	11	6	11	2	6	0	0	0	0
	Damaeolidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ameridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eremobelbidae	2	2	0	0	0	0	0	0	0
	Xenillidae	9	1	2	2	0	0	3	0	0
	Carabodidae	0	75	240	66	4	4	0	0	0
	Haplozetidae	6	30	40	5	14	5	0	1	0
	Ceratozetidae	15	26	35	0	0	6	0	15	11
Oribatellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Galumnidae	13	6	38	9	6	4	5	6	4	

Orden	Familia	Secas								
		Área perturbada			Acahual			Selva mediana		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Collembola	Hypogastruridae	0	0	4	0	0	0	0	7	1
	Entomobryidae	0	0	1	0	18	6	0	44	1
	Isotomidae	0	3	0	0	5	3	0	16	0
	Sminthuridae	0	1	0	18	2	2	0	10	0
Prostigmata	Eupodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Bdellidae	4	2	0	0	17	0	0	4	5
	Cunaxidae	0	6	2	0	0	0	0	10	5
	Nanorchestidae	0	0	0	0	1	0	0	5	0
	Cryptognathidae	9	10	0	0	0	0	0	0	0
	Caeculidae	0	0	0	0	0	0	0	6	1
	Smarididae	0	0	0	1	0	1	0	5	1
	Trombidiidae	1	1	0	0	0	0	0	2	5
	Trombiculidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesostigmata	Pyrosejidae	0	0	2	0	0	4	0	1	0
	Ologamasidae	0	2	4	0	10	1	0	0	0
	Rhodacaridae	0	0	0	0	17	0	0	28	0
	Zerconidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ascidae	0	0	1	0	7	17	0	13	0
	Podocinidae	0	0	0	0	5	0	0	2	0
	Phytoseiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Pachylaelapidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Laelapidae	0	0	0	0	0	0	0	42	2
	Uropodidae	0	6	0	0	70	9	0	107	24
	Trigonuropodidae	0	0	0	0	4	0	0	0	0
Cryptostigmata	Ctenacaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Euphthiracaridae	5	11	18	10	33	70	0	35	13
	Hypochothoniidae	0	0	0	0	70	0	0	0	1
	Sphaerochthoniidae	0	7	0	0	28	22	0	28	8
	Lohmanniidae	0	1	0	0	0	2	0	1	0
	Nothridae	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	Crotoniidae	0	0	0	4	3	0	0	0	0
	Trhypochthoniidae	11	13	37	0	2	1	0	0	13
	Hermanniidae	0	2	0	9	41	38	0	17	5
	Nanhermanniidae	0	0	0	2	15	11	0	65	2
	Hermannellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Liodidae	2	18	8	0	1	7	7	37	20
	Gymnodamaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Plateremaeidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Damaeidae	0	8	4	22	8	22	0	37	35
	Microtegeidae	0	1	7	3	4	5	0	0	0
	Eremulidae	0	0	0	4	14	15	0	6	0
	Damaeolidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ameridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eremobelbidae	0	0	0	0	4	0	0	0	1
	Xenillidae	0	0	0	0	3	5	0	9	4
	Carabodidae	11	54	45	34	74	172	0	16	15
	Haplozetidae	0	10	10	10	86	218	0	64	13
	Ceratozetidae	12	34	17	34	56	60	0	160	40
Oribatellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Galumnidae	0	26	1	15	140	52	0	73	18	

11.5 Variación de la abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en temporada de lluvias, nortes y secas

En la temporada de lluvias la abundancia de microartrópodos edáficos incremento en los tres sitios, siendo la selva mediana con una mayor abundancia de organismos. Durante la temporada de nortes hubo una menor abundancia de organismos en los tres sitios, sin embargo, en el área perturbada hubo una ligera disminución a comparación del acahual y la selva mediana. Para la temporada de secas se presentó una mayor disminución de la abundancia de organismos en el área perturbada, en el acahual y la selva mediana no se presentó una gran diferencia en la disminución de la abundancia.



Gráfica 7. Variación de la abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en las tres temporadas por tipo de vegetación.

Se presentan variaciones en la abundancia de los organismos durante las tres temporadas en los tres sitios. En el área perturbada durante la temporada de lluvias se encontraron 1992 individuos, en la temporada de nortes se registraron 1212 individuos y en la época de secas solo se cuantificaron 433 individuos. Para la temporada de lluvias en el acahual se registraron 2064 individuos, en la temporada

de nortes se cuantificaron 433 individuos, y en la temporada de secas se registraron 1648 individuos.

En la selva mediana se contabilizaron 2431 individuos, siendo esta la mayor abundancia de organismos durante la temporada de lluvias, en la temporada de nortes se registraron 222 individuos, constituyendo la menor abundancia de organismos en esta temporada, y 1093 individuos en la temporada de secas.

Se encontraron variaciones en las familias de microartrópodos edáficos por cada sitio en las tres temporadas.

En la temporada de lluvias se registró el mayor número de familias, siendo un total de 39 familias, las cuales se registraron para el sitio del acahual mientras que en el área perturbada se registraron 37 familias, y tan solo 35 familias en la selva mediana.

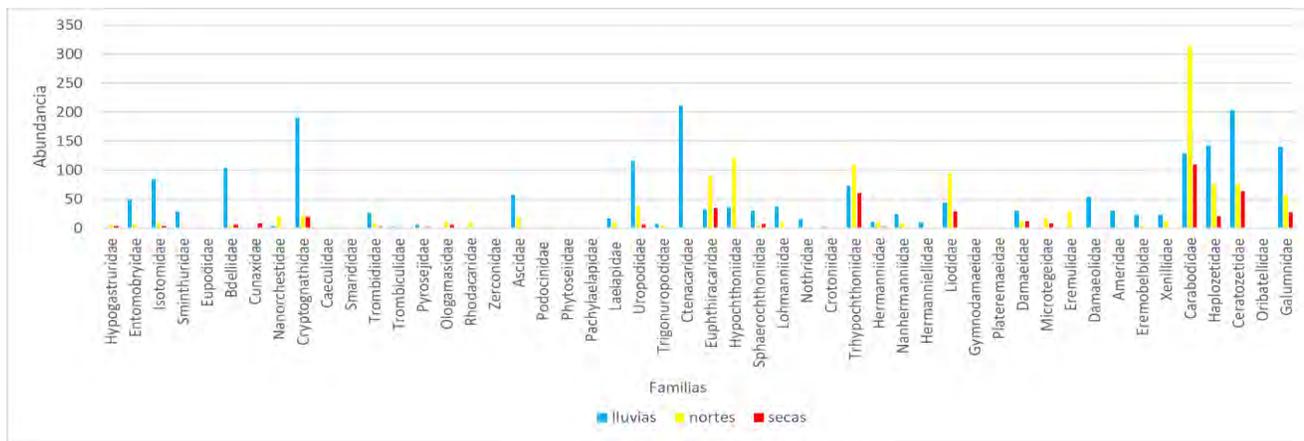
En la temporada de nortes se registraron 35 familias; en el área perturbada con 33 familias, el acahual con 30 familias y la selva mediana 20 familias.

Por último, en la temporada de secas se identificaron 38 familias; en el área perturbada se registraron 24 familias, el acahual con 31 familias y la selva mediana con un total de 38 familias.

11.6 Abundancia absoluta de cada sitio durante las tres temporadas

En la temporada de lluvias para el área perturbada las familias con mayor abundancia son; Ctenacaridae con 211 individuos, Ceratozetidae con 204 individuos y Haplozetidae con 143 individuos, y las familias con menos abundancia son Ologamasidae, Plateremaeidae con un individuo y Crotoniidae con presencia de 2 individuos.

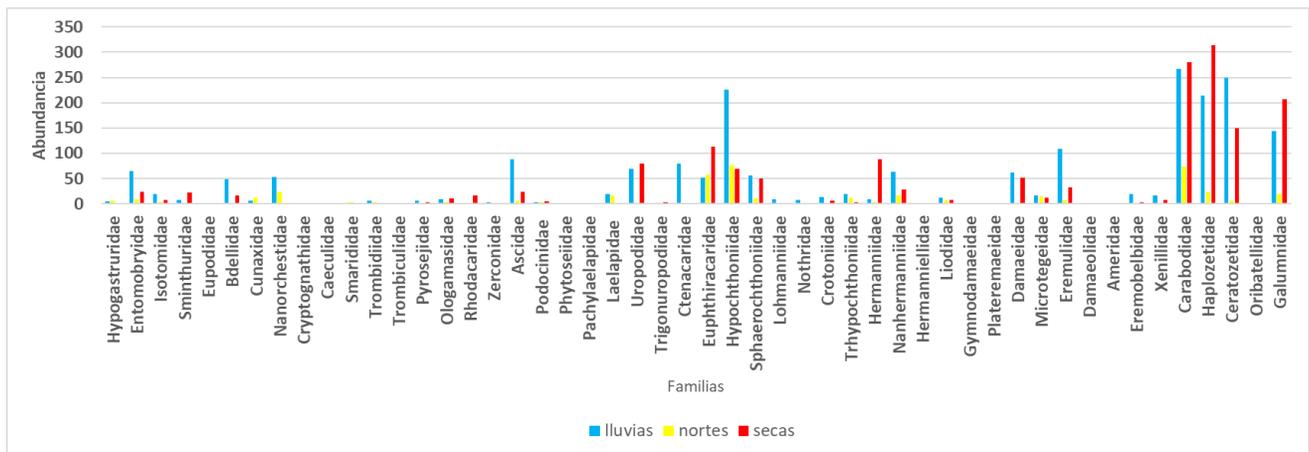
Durante la temporada de nortes las familias con mayor abundancia son Carabodidae con 315 individuos, Hypochthoniidae con 120 individuos y Trypochthoniidae con 110 individuos, y las familias que presentaron menor abundancia con un individuo son; Cunaxidae, Podocinidae y Gymnodamaeidae. Y en la temporada de secas la familia más abundante con 110 individuos fue Carabodidae y la familia con menor abundancia y presencia de un individuo son; Lohmaniidae, Plateremaeidae y Ascidae.



Gráfica 8. Abundancia absoluta de las familias de microartrópodos en un Área perturbada en las tres temporadas en el ejido de Petcacab, Quintana Roo.

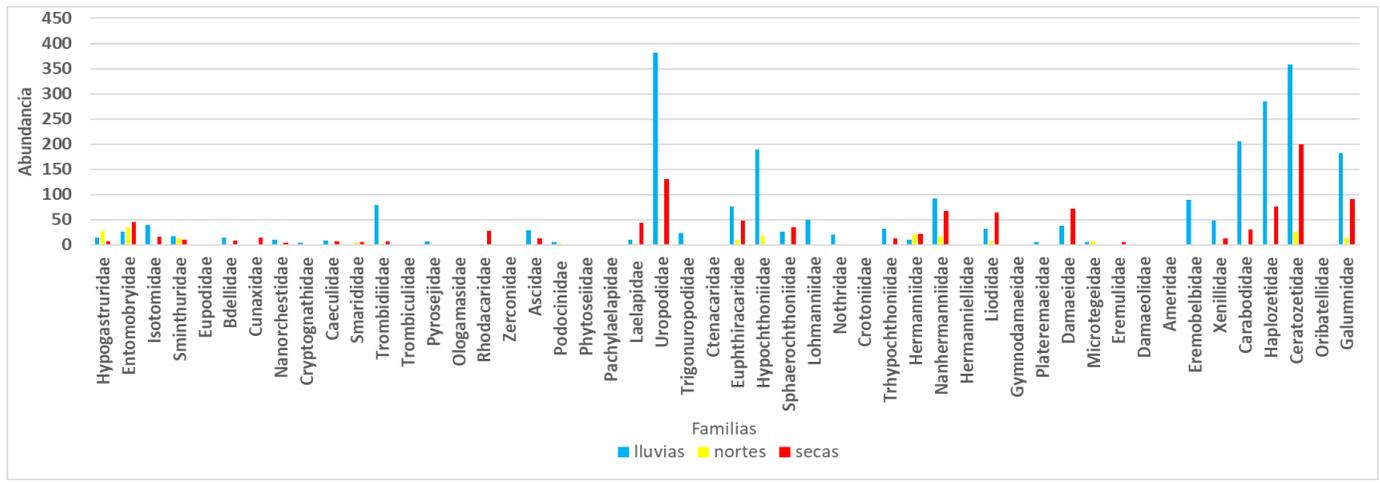
En la temporada de lluvias en el acahual las familias más abundantes son; Carabodidae con 267 individuos, Ceratozetidae con 249 individuos y Haplozetidae con 214 individuos. Las familias menos abundantes en esta temporada son; Rhodacaridae y Pachylaelapidae con presencia de un solo individuo. Para la

temporada de nortes las familias más abundantes son Hypochthoniidae con 76 individuos y Carabodidae con 74 individuos, y las familias menos abundantes con presencia de un individuo son Pachylaelapidae, Trigunoropodidae y Damaeidae. Durante la temporada de secas las familias más abundantes son Haplozetidae con 314 individuos, Carabodidae con 280 individuos y Ceratozetidae con 150 individuos, y las familias menos abundantes son; Nanorchestidae y Nothridae con un solo individuo.



Gráfica 9. Abundancia absoluta de las familias de microartrópodos edáficos en un Acahual en las tres temporadas en el ejido de Petcacab Quintana Roo.

En la selva mediana durante la temporada de lluvia las familias más abundante son Ceratozetidae con 358 individuos, Carabodidae con 285 individuos y Xenillidae con 205 individuos. Las familias con menor abundancia fueron Smarididae y Gymnodamaeidae con 2 individuos. En la temporada de nortes la familia más abundante fue Ceratozetidae con 26 individuos y las familias menos abundantes fueron Bdellidae, Trypochthoniidae, Damaeidae y Haplozetidae con presencia de 1 individuo. Y durante la temporada de secas la familia más abundante fue Ceratozetidae con 200 individuos; las familias menos abundantes son Eupodidae, Pyrosegidae, Hypochthoniidae y Lohmanniidae con 1 individuo.



Gráfica 10. Abundancia absoluta de las familias de microartrópodos edáficos en una Selva Mediana en las tres temporadas en el ejido de Petcacab Quintana Roo.

11. 7 Índices de diversidad

Índices de diversidad por sitio

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

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') presentó el valor más alto con $H'=3.0931$ en el área perturbada esto quiere decir que es el área que presenta una mayor riqueza de familias; el acahual presentó el valor más alto de dominancia $\lambda=0.0771$ y para la equitatividad el valor más alto de igual manera se presentó en el área perturbada $J'=0.5666$.

La selva mediana presentó el valor más bajo en la diversidad de Shannon-Wiener $H'=2.4482$ y de igual manera obtuvo el menor índice de equitatividad con $J'0.4600$, el menor índice de dominancia se presentó en el área perturbada $\lambda=0.0636$.

Índices de diversidad	Área perturbada	Acahual	Selva Mediana
Diversidad de Shannon H'	3.0931	2.9293	2.4482
Dominancia de Simpson λ	0.0636	0.0771	0.0748
Equitatividad de Pielou J'	0.5666	0.5504	0.4600

Tabla 15. Índices de diversidad: Diversidad de Shannon (H'), Dominancia de Simpson (λ), y equitatividad de Pielou (J') en los tres sitios de muestreo.

Índices de diversidad por temporada

Conforme al análisis estadístico el valor más alto del índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') se obtuvo en el área perturbada en la temporada de lluvias $H'= 3.0781$, a lo que se refiere que en esta temporada y en este sitio se obtuvo la mayor riqueza de familias; el menor índice de diversidad se presentó en la selva mediana en la temporada de secas $H'= 2.8581$.

El índice de dominancia de Simpson (λ) el área perturbada presentó una mayor dominancia en la temporada de secas $\lambda= 0.1263$, y la selva mediana en la temporada de nortes presentó el menor índice de dominancia $\lambda=0.0920$.

El valor más alto del índice de equitatividad de Pielou $J'=1.7419$ se obtuvo en el acahual en la temporada de secas, el menor valor del índice de equitatividad se obtuvo en el área perturbada $J'= 0.5909$ en la temporada de lluvias.

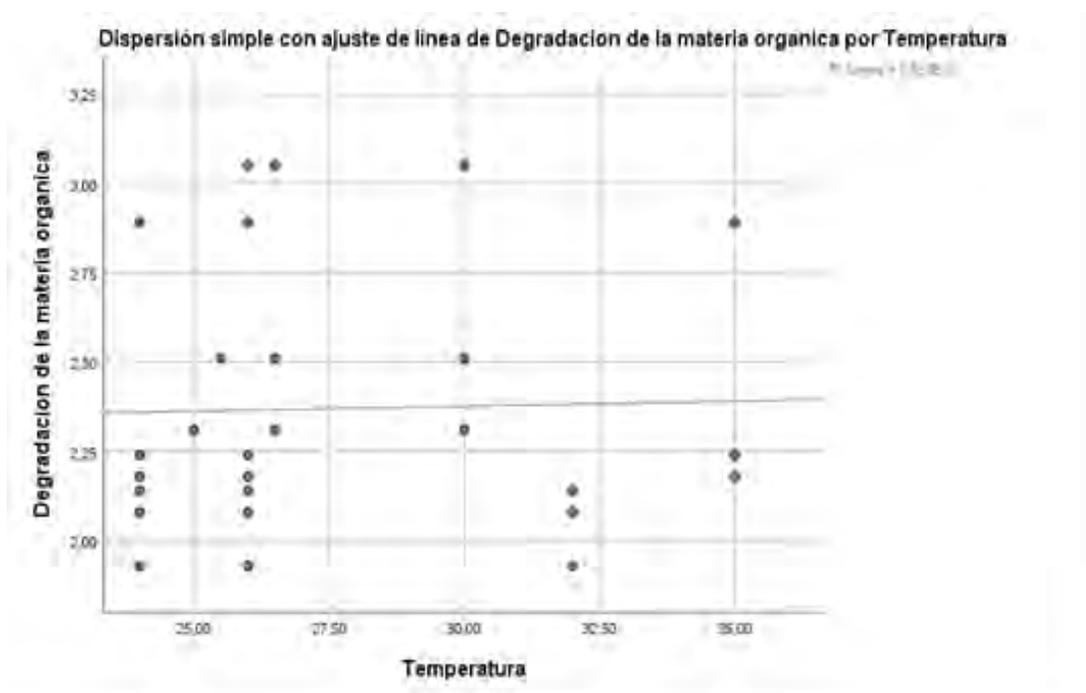
	Área perturbada			Acahual			Selva mediana		
	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas	Lluvias	Nortes	Secas
Diversidad de Shannon H'	3.0781	2.0664	2.4475	2.9462	2.7556	2.6219	2.8126	2.5804	2.8581
Dominancia de Simpson λ	0.0595	0.1105	0.1264	0.0723	0.0948	0.1045	0.0862	0.0920	0.0807
Equitatividad de Pielou J'	0.5909	0.4096	0.5271	0.2676	0.5616	1.7419	0.5484	0.5970	0.5618

Tabla 16. Índices estadísticos: Diversidad de Shannon (H'), Dominancia (λ), y Equitatividad de Pielou (J') en los tres sitios de muestreo durante las tres temporadas.

11. 8 Análisis de regresión lineal

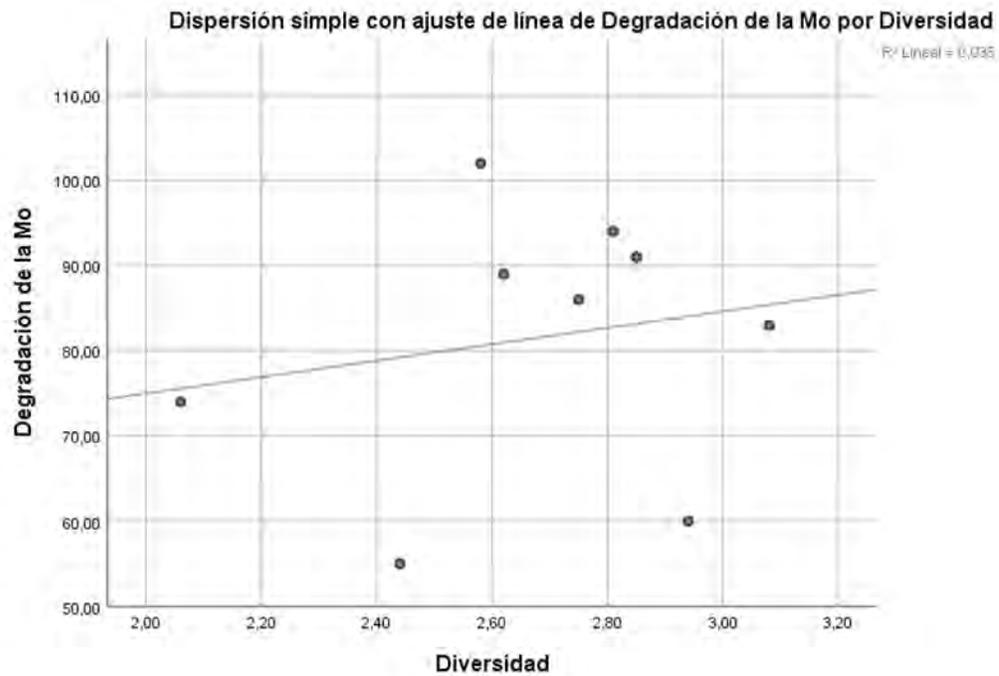
Las regresiones lineales simples se realizaron con ayuda del programa STATISTICA 26, para analizar la relación entre la degradación de la materia orgánica y la abundancia con los parámetros físicos: temperatura y humedad. Degradación de la materia orgánica con la abundancia y diversidad de los microartrópodos edáficos.

En cuanto a la relación entre la degradación de la materia orgánica y la temperatura se calculó $R^2=7.863$; $p < 0.05$ no existe una relación significativa.



Gráfica 11. Análisis de regresión entre la degradación de la materia orgánica y la temperatura en el ejido de Petcacab, Quintana Roo.

Se determinó que existe una pequeña relación significativa entre la degradación de la materia orgánica y la diversidad de los microartrópodos edáficos. Siendo $R^2=0.035$ $p < 0.05$. A mayor diversidad de organismos hay una alta degradación de la materia orgánica.



Gráfica 13. Análisis de regresión lineal entre la degradación de la materia orgánica y la diversidad de los microartrópodos edáficos en el ejido de Petcacab Quintana Roo.

12. Discusión

En la presente investigación realizada en el ejido de Petcacab, Quintana Roo se obtuvo que el porcentaje de pérdida de hojarasca en el área perturbada fue del 76.44 % en 7 meses, mientras que Marmolejo et al., (2013) en el estudio realizado en cuatro sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco mencionan que los porcentajes de degradación de hojarasca para el sitio de un matorral con degradación incipiente es del 25.92% y, 24.58 % en un matorral degradado en un tiempo de 300 días. En este estudio el porcentaje de pérdida de materia orgánica en 7 meses fue de 73.89% para el acahual, y 68.11 % para la selva mediana subperennifolia. mientras que García- Domínguez et al., (2020) señalan en su estudio que en los acahuales existe una disminución del 50% del peso inicial en 8 meses, y la selva mediana subperennifolia pierde el 50% de su peso inicial después de 6 meses, por su parte, Rivera et al. (2013) observaron que después de 75.9 días el porcentaje degradado de hojarasca es del 50% y para los 504.3 días se degrada el 99% de la hojarasca en los acahuales maduros. Villavicencio (2012) menciona que los porcentajes de pérdida de peso corresponde a las diferencias en la calidad de cada tipo de hojarasca. La pérdida de peso es diferente dependiendo del tipo de lugar y el tipo de especies vegetales que se presentan en la zona, de igual manera los factores ambientales juegan un papel importante en este proceso (William y Gray 1974 y Sundarapandian et al., 1999).

La producción de hojarasca en el presente trabajo presentó diferencias en los pesos de la hojarasca, en el área perturbada se obtuvo una ligera producción de hojarasca en los primeros tres meses, siendo el mes de diciembre del 2022 que presentó el valor más alto de producción con 18 g. Sin embargo, en el acahual se obtuvo una mayor producción en el mes de diciembre del 2022 con 200 gr, al igual que el mes de febrero con 126 g, el mes de marzo con 74 g y el mes de mayo del 2023 con 176 gr de hojarasca meses correspondientes a la temporada de secas y el inicio de la temporada de lluvia respectivamente. Coincidiendo con Rivera-Vázquez et al., (2013) mencionaron que la mayor caída de hojarasca para los acahuales se obtiene

en los meses de marzo a mayo correspondiente a la temporada de secas. García-Domínguez et al., (2020) registraron $14.20 \text{ mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en los acahuales, mencionando que la mayor caída de hojarasca se presenta en los meses de abril y marzo en la temporada de seca, así como también se puede presentar en los meses de enero y febrero.

De los tres sitios la selva mediana fue el sitio que obtuvo una mayor producción de hojarasca desde el inicio hasta el final del estudio, el mes de diciembre del año 2022 correspondiente a la temporada de nortes se obtuvo la cantidad de 225 g de hojarasca, para los meses de marzo y abril que corresponden a la temporada de secas se obtuvo un peso de 100 g y 90 g, el mes de mayo que corresponden a la temporada de lluvias se obtuvo el peso más alto de 230 g de hojarasca. Coincidiendo con García-Domínguez et al. (2020) obtuvieron que, en la selva mediana subperennifolia en Tabasco, se registró la mayor caída de hojarasca en los meses de marzo y abril que corresponden a la temporada de secas con un promedio de 1.81 mg ha^{-1} y el mes de julio corresponde a la temporada de lluvia. Villavicencio-Enríquez (2012) registra que la producción de hojarasca es de $8, 190.03 \text{ t x ha}^{-1} \text{ x año}$ para la selva mediana subperennifolia en Veracruz, México.

Para la tasa de descomposición de la hojarasca en esta investigación se obtuvo que en los tres sitios se presentó una pequeña diferencia; en el área perturbada la tasa de descomposición es de $k=2.60$, en el acahual es de $k=2.41$ y para la selva mediana es de $k=2.05$, los valores de k en este estudio son altos a diferencia de Xuluc-Tolosa et al., (2013) registro valores de tasa de descomposición de $k=-2.57$, $k=-1.77$ y $k=-1.46$ en tres especies durante tres fases sucesionales del bosque secundario seco tropical en Campeche, México. Mencionan Rivera et al. (2013) mencionan que la tasa de degradación de hojarasca en acahuales de selva caducifolia en Chiapas, México de diferentes edades, obtuvieron que el valor más alto en la tasa de descomposición siendo $k=-0.00913$ en un acahual maduro, mientras que un acahual joven con edad de 5 a 6 años la tasa de descomposición es de $k=-0.00656$.

Riqueza y abundancia de la fauna edáfica

En el presente estudio se registró un total de 50 familias, siendo el orden Cryptostigmata de mayor riqueza y abundancia, comparándolo con los resultados de Puc-Paz (2016) donde obtuvo un total de 37 familias en distintos usos de suelo en el ejido de Petcacab Quintana Roo. Mientras que Hernández y Argüelles (2022) quienes observaron la mayor presencia de ácaros del mismo orden; obtuvieron un total de 84 familias del orden Cryptostigmata en los tres sitios de muestreos en Raudales, Quintana Roo. De igual manera Alamilla-Pastrana et al., (2013) registraron un total de 43 familias para los ácaros oribátidos en la isla de Cozumel Quintana Roo.

En cuanto a la mayor cantidad de individuos de microartrópodos edáficos en este estudio se registró en el acahual en la temporada de lluvias siendo el mismo sitio con mayor número de familias siendo 38 familia. Che-Uc et al. (2019) obtuvieron un total de 21 familias en una vegetación secundaria y 16 familias para un cultivo de maíz, y Hernández y Argüelles (2022) registraron que en la temporada de lluvias se presentó un mayor incremento de los microartrópodos en la selva mediana.

Para los índices de diversidad en este estudio el índice de diversidad más alto se registró en el área perturbada con un valor de $H'=3.093$, coincidiendo con lo reportado por Che-Uc et al., (2019) en un cultivo de maíz donde el índice de diversidad más alto fue de $H'=2.23$, y lo reportado por Puc Paz (2016) quien menciona que el sitio con mayor diversidad fue la selva mediana y el segundo más alto es en la zona de cultivo de chile habanero (*Gapsicum chinesese*) con $H'=2.138$. Por su parte, en el acahual se presentó un índice de diversidad de $H'= 2.9293$, el menor índice de diversidad se registró en la selva mediana de $H'=2.44$, mientras que Alamilla-Pastrana et al., (2013) registraron el mayor índice de diversidad $H'= 3.48$ y el mayor índice de equitatividad $J'=0.71$ en una selva mediana en la Isla de Cozumel.

En este estudio el índice de dominancia de Simpson el valor más alto se registró en el acahual $\lambda=0.0771$, concordando nuevamente con Che-Uc et al., (2019) para una vegetación secundaria, en donde el valor de dominancia es de $\lambda =0.79$, seguido por la selva mediana $\lambda=0.0748$, registrando la menor dominancia en el área perturbada $\lambda=0.4600$. El mayor índice de equitatividad de Pielou se registró en el área perturbada $J'=0.5666$, concordando con Puc paz (2016) observó el mayor índice de equitatividad de Pielou $J'=0.9732$ en el área de cultivo. Seguido por el acahual $J'=0.05504$ y la selva mediana con el menor índice de equitatividad $J'=0.4600$.

En los análisis de regresión lineal se determinó que no existe una relación estadística significativa entre la degradación de la materia orgánica con los factores físicos, (temperatura y humedad) $R^2=7.863$. Sin embargo, para la humedad se determinó una relación lineal negativa, por lo tanto, existe una relación significativa negativa entre la degradación de la materia orgánica y la humedad siendo $R^2=0.247$; $p < 0.05$. Porque conforme en el aumento de la humedad la degradación de la materia orgánica aumenta de manera lentamente. Existe una relación significativa entre la degradación de la materia orgánica y la diversidad de los microartrópodos edáficos. Siendo $R^2=0.035$ $p < 0.05$. A mayor diversidad de organismos hay una alta degradación de la materia orgánica.

En contraposición a diferencia este estudio y Alamilla-Pastrana et al. (2013) y Hernández y Argüelles (2022) obtuvieron una relación positiva entre las variables de la humedad y abundancia, determinando que a mayor humedad hay una mayor abundancia de organismos. Esto se debe a las diferencias en el tipo de ecosistema y/o ubicación geográfica, así como la altura sobre el nivel del mar. Estos estudios reportados se realizaron cerca de una costa marina y mientras que el presente estudio fue realizado dentro de un área forestal.

13. Conclusiones

En las regiones tropicales el proceso de degradación de la hojarasca se lleva a cabo de manera muy acelerada. En un término de 210 días se redujo hasta un 76.44% siendo este el mayor porcentaje de degradación y ocurrió en el área perturbada y el menor fue de 68.11% en una selva mediana en el mismo periodo de tiempo ambos resultados son mayores a lo reportados por otros estudios similares y en ambientes similares.

Y en relación con la Riqueza de especies y a la diversidad, en este estudio se reporta una mayor riqueza de especies e índices similares, índices de la estructura de la comunidad de microartrópodos, siendo los factores físicos (humedad y temperatura) que determinan la diversidad y abundancia de los microartrópodos edáficos en los tres diferentes sitios, de igual manera las actividades que se han realizado o realizan en cada uno de los sitios.

Clase		Familia	Género	Especie		
Insecta	Collembola	Hypogastruridae	<i>Xenylla</i>	<i>grisea</i>		
			<i>Entomobryidae</i>	<i>Lepidocyrtus</i>	<i>violaceus</i>	
			Isotomidae	<i>Folsomia</i>	<i>candida</i>	
			Sminthuridae	<i>Sphaeridia</i>	<i>pumilis</i>	
Clase						
Acari	Prostigmata					
			Eupodidae	<i>Eupodes</i>	<i>sp</i>	
			Bdellidae	<i>Bdella</i>	<i>sp 1</i>	
			Cunaxidae	<i>Cunaxa</i>	<i>sp</i>	
			Nanorchestidae	<i>Nanorchestes</i>	<i>sp</i>	
			Cryptognathidae	<i>Cryptognathus</i>	<i>sp</i>	
			Caeculidae	<i>Caeculus</i>	<i>sp1</i>	
			Smaridiidae	<i>Smaris</i>	<i>sp1</i>	
			Trombidiidae	<i>Microtrombidium</i>	<i>sp1</i>	
			Trombiculidae	<i>Neotrombicula</i>	<i>sp</i>	
			Mesostigmata			
				Pyrosejidae	<i>Pyrosejus</i>	<i>n.sp</i>
				Ologamasidae	<i>Gamasellus</i>	<i>sp</i>
				Rhodacaridae	<i>Rhodacarus</i>	<i>roseus</i>
				Zerconidae	<i>Zercon</i>	<i>sp</i>
			Ascidae	<i>Asca</i>	<i>sp</i>	
			Podocinidae	<i>Podocinum</i>	<i>sp</i>	
			Phytoseiidae	<i>Amblyseius</i>	<i>sp</i>	
			Pachylaelapidae	<i>Pachylaelaps</i>	<i>sp</i>	
			Laelapidae	<i>Laelaps</i>	<i>sp</i>	
			Uropodidae	<i>Uropoda</i>	<i>sp1</i>	
				<i>Uropoda</i>	<i>sp2</i>	
				<i>Uropoda</i>	<i>sp3</i>	
			Trigonuropodidae	<i>Trigonuropoda</i>	<i>sp</i>	
		Cryptostigmata				
				Ctenacaridae	<i>Ctenacarus</i>	<i>araneola</i>
					<i>Beklemishevia</i>	<i>barbata</i>
				Euphtiracaridae	<i>Holophthiracarus</i>	<i>dubius</i>
				Hypochthoniidae	<i>Eohypochthonius</i>	<i>becki</i>
				Sphaerochthoniidae	<i>Sphaerochthonius</i>	<i>sp1</i>
				Lohmaniidae	<i>Lohmannia</i>	<i>juliae</i>
					<i>Torpacarus</i>	<i>callipygus</i>

		Nothridae	<i>Nothrus</i>	<i>willmanni</i>
		Crotoniidae	<i>Crotonia</i>	<i>sp1</i>
		Trypochthoniidae	<i>Allonothrus</i>	<i>sp1</i>
		Hermanniidae	<i>Galapacarus</i>	<i>schatzi</i>
		Nanhermaniidae	<i>Nanhermannia</i>	<i>Sp1</i>
		Hermaniellidae	<i>Baloghacarus</i>	<i>hauseri</i>
		Lioidae	<i>Liodes</i>	<i>terrestres</i>
		Gymnodamaeidae	<i>Austrodamaeus</i>	<i>trisetosus</i>
		Plateremaeidae	<i>Plateremaeus</i>	<i>costulatus</i>
		Damaeidae	<i>Damaeus</i>	<i>sp</i>
		Microtegidae	<i>Microtegeus</i>	<i>sp</i>
		Eremulidae	<i>Eremulus</i>	<i>sp</i>
		Damaeolidae	<i>Fosseremus</i>	<i>saltanesis</i>
		Ameridae	<i>Hymenobelba</i>	<i>flagelata</i>
		Eremobelbidae	<i>Eremobelba</i>	<i>piffli</i>
		Xenillidae	<i>Xenillus</i>	<i>sp</i>
		Carabodidae	<i>Carabodes</i>	<i>sp</i>
		Haplozetidae	<i>Conozetes</i>	<i>sp</i>
		Ceratozetidae	<i>Ceratozetes</i>	<i>nigrisetosus</i>
		Oribatellidae	<i>Oribatella</i>	<i>serrata</i>
		Galumnidae	<i>Galumna</i>	<i>sp</i>

Tabla 17: Listado de especies de microartrópodos encontrados en el área de estudio en el ejido de Petcacab Quintana Roo.

15. Bibliografía

- Alamilla-Pastrana, E. May Uicab, D. (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 Licenciatura Universidad Autónoma del estado de Quintana Roo.
- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124.
- Bedano, J. C. (2007). El rol de la mesofauna edáfica en la evaluación de la calidad del suelo. *Thuar, A., F. Cassán y C. Olmedo. De la biología del suelo a la agricultura. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina.*
- Behan-Pelletier, V. M. (2003). Acari and Collembola biodiversity in Canadian agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 83(Special Issue), 279-288.
- Bärlocher, F. (2005). Leaf mass loss estimated by litter bag technique In: Graça Mas, Bärlocher F & Gessner, M. (Eds.), *Methods to Study Litter Decomposition: A Practical Guide* (pp. 37–42). *Dordrecht, the Netherlands.*
- Che-Uc, W. I., Cutz-Pool, L. Q., Armenta-Tirado, L. E., & Rosado-Martín, S. E. (2019). Ácaros Oribátidos de una Selva Secundaria y un Cultivo de Maíz en el Ejido de Nicolás Bravo, Quintana Roo, México. *Agroecosistemas Tropicales*, 317.
- Dagnino, J. (2014). Regresión lineal. *Revista chilena de anestesia*, 43(2), pg 143-149.
- Ek-Díaz, A. (2011). Capítulo 1. Vegetación. Pozo, C., Armijo-Canto, N., Calme, S. (EDS) Riqueza biológica de Quintana Roo un análisis para su conservación. Tomo 1. Pg 62-65.
- Gaceta del senado (2014). Recuperado el 1 de octubre del 2023 en https://www.senado.gob.mx/65/gaceta_del_senado/documento/45588#:~:text=Achual%3A%20La%20vegetaci%C3%B3n%20que%20surge,dependen%20de%20la%20intervenci%C3%B3n%20humana.
- García-Domínguez, A., Cámara Cabrales., L. D. C. Van Der Wal, J. C., & Martínez Sánchez, J. L., (2020). Producción y tasa de descomposición de hojarasca en acahuals de Tabasco, México. *Madera y bosques*, 26(1).
- García-Osorio, M. T., Plascencia-Escalante, F. O., Ángeles-Pérez, G., Montoya-Reyes, F., & Beltrán-Rodríguez, L. (2020). Producción y tasa de descomposición de hojarasca en áreas bajo rehabilitación en El Porvenir, Hidalgo, México. *Madera y bosques*, 26(3).

- Fredes, N. A., Martínez, P. A., Bernava Laborde, V., & Osterrieth, M. L. (2009). Microartrópodos como indicadores de disturbio antrópico en entisoles del área recreativa de Miramar, Argentina. *Ciencia del suelo*, 27(1), 89-101.
- Hernández, N. y Argüelles, N. (2022). Diversidad y Riqueza específica de Microartrópodos edáficos en Raudales, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del estado de Quintana Roo
- Karberg, N.J., Scott, N.A., Giardina, C.P., (2008). Métodos para estimar la descomposición de la basura. En: Hoover, CM (eds) Mediciones de campo para el monitoreo del carbono forestal.
- López-Hernández, J. M., Corral-Rivas, J. J., González-Rodríguez, H., Domínguez-Gómez, T. G., Gómez-Meza, M. V., & Cantú-Silva, I. (2018). Depósito y descomposición de hojarasca de *Pinus cooperi* CE Blanco en El Salto, Durango, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(50), 201-222.
- Marmolejo Moncivais, J. G., Cantú Ayala, C. M., & Gutiérrez Suárez, M. A. (2013). Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del Matorral Espinoso Tamaulipeco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(17), 174-181
- Moreno, C. E. (2000). Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1. Manuales y tesis SEA.
- Murillo-Cuevas, F. D., Adame-García, J., Cabrera-Mireles, H., Villegas-Narváez, J., & Rivera-Meza, A. E. (2020). Fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses en limón persa, monocultivo y policultivo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(2).
- Molina López, R. I. (2014). Importancia de la producción y descomposición de hojarasca en ecosistemas de México. Monografía Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Ojeda, C. S. A. G., & Lugo, D. F. C. (2015). descomposición y liberación de nutrientes de las hojas de cuatro leguminosas arbóreas en un sistema silvopastoril.
- Olson, J. S. (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2), 322-331.
- Palacios-Vargas, J. G. (2003). Los microartrópodos (Collembola) de la selva tropical húmeda. *Ecología del suelo en la selva tropical húmeda de México*, J. Álvarez-Sánchez y E. Naranjo-García (eds.). Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz/. Instituto de Biología, UNAM/Facultad de Ciencias, UNAM, México, DF, 217-225.
- Palacios-Vargas, J.G., Mejía Recamier, B.E (2007). Técnicas de colecta, montaje y preservación de microartrópodos edáficos. Pg 36.
- Puc-Paz, W. (2016). "Variación espacial de ácaros oribátidos en 4 áreas con distintos usos de suelo en el ejido de Petcacab, Quintana Roo". Tesis de Licenciatura. Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chetumal.

- Ramírez-Barajas, P. J., Torrescano-Valle, N., Tecpa-Jiménez, A., & Vázquez-Rodríguez, J. (2001). Importancia y uso del entorno natural en una comunidad indígena maya (Petcacab, Quintana Roo, México). *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 4, 61-71.
- Reyes-Carrera, S. A., Méndez-González, J., Nájera-Luna, J. A., & Cerano-Paredes, J. (2013). Producción de hojarasca en un rodal de *Pinus cembroides* Zucc. en Arteaga, Coahuila, México y su relación con las variables climáticas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(1), 147-155.
- Rivera Vázquez, R., Soto Pinto, L., Núñez Colín., C. A., Jung, B., Hernández Rivera, M., & Ordóñez Díaz, J. A. (2013). Producción y tasa de descomposición de hojarasca en Acahuales de selva caducifolia en Chiapas. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 4(20), 20-30.
- Rodríguez A.C., Prieto Trueba D., Vázquez M.M. 2001. Producción y descomposición de hojarasca en una selva baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo México.
- Sánchez, J. Á. (2001). Descomposición y ciclo de nutrientes en ecosistemas terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (NS)*, 11-27.
- Sundarapandian, S.M. y Swamy, P.S. (1999). Producción de hojarasca y descomposición de hojarasca de especies de árboles seleccionadas en bosques tropicales de Kodayar en los Ghats occidentales, India. *Ecología y Gestión Forestal*, 123 (2-3), 231-244.
- Vázquez Gonzales, M. M. 2011. Ácaros en Bautista F (Editor) Técnicas de muestreo para manejadores de Recursos Naturales CIGA, UNAM. 277-290.
- Vázquez, Gonzales M. M. (Ed.). (1999). *Fauna edáfica de las selvas tropicales de Quintana Roo*. UQROO.
- William, S.T., Gray, T.R.G., (1974). Descomposición de la hojarasca en la superficie del suelo. En Dickinson, C.H., Pugh, G.J.F. (Eds.) *Byology of Plant Litter Decomposition*. Academic Pree, Londres, pp. 611-632.
- Xuluc-Tolosa., F.J., Vester., H.F.M., Ramírez-Marcial, N., Castellanos-Albores, J. y Lawrence, D. (2003). Descomposición de hojarasca de especies arbóreas en tres fases sucesionales del bosque secundario seco tropical en Campeche, México. *Ecología y Gestión Forestal*, 174 (1-3), 401-412.

Anexo

Relación de fotografías de microartrópodos edáficos en el área de estudio.



Figura 13. Familia Trombidiidae



Figura 14. Familia Eupodidae



Figura 15. Familia Euphtiracaridae



Figura 16. Familia Uropodidae. Género. *Uropoda solaris*



Figura 17.Familia Lohmaniidae. Género: *Torpacarus callipygus*



Figura 18. Familia Bdellidae



Figura 19. Familia Xenillidae



Figura 20. Familia Galumnidae



Figura 21. Familia Smaridiidae



Figura 22. Familia Caeculidae



Figura 23. Familia Sminthuridae



Figura 24. Familia Entomobryidae