



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Relación entre la riqueza y abundancia de los ácaros oribátidos edáficos y el contenido de materia orgánica en suelos de Cozumel, Quintana Roo

TESIS

Para obtener el grado de
Licenciado en Manejo de Recursos Naturales

PRESENTAN

Elvia Beatriz Alamilla Pastrana
Daniel Alfonso May Uicab

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Ma. Magdalena Vázquez González



ASESORES

M.C. Patricia Fragoso Servón
Dr. Leopoldo Querubín Cutz Pool
M.C. Juan Antonio Rodríguez Garza
M.C. Lidia Esther Serralta Peraza

Chetumal Quintana Roo, México, diciembre de 2013



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Trabajo de tesis bajo supervisión del comité de asesoría aprobada
como requisito parcial para obtener el grado de:

Licenciado en Manejo de Recursos Naturales

Comité de Trabajo de Tesis

Directora:

Dra. Ma. Magdalena Vázquez González

Asesora:

M.C. Patricia Fragoso Servón

Asesor:

Dr. Leopoldo Querubín Cutz Pool



Chetumal, Quintana Roo, México, Diciembre de 2013.

*“Preciso es encontrar lo infinitamente
grande en lo infinitamente pequeño,
para sentir la presencia de Dios”.*

Pitágoras

DEDICATORIA

Por todo lo que me enseñaron, por todo lo que me dieron, por todo el amor que me han dado, por lo mucho que los amo, les dedico este trabajo, porque ustedes me ayudaron en todo a hacerlo posible. Beto: por lo mucho que te extraño, por lo mucho que me duele tu ausencia, pero sobre todo por lo mucho que te amo.

Dedicado a:

***EVIA PASTRANA HOIL
ROBERTO ALAMILLA PASTRANA***

De: Elvia Beatriz Alamilla Pastrana

Dedicado especialmente a Dios por permitirnos estar juntos en la elaboración de este trabajo, a ti mi amor por tu apoyo comprensión, amor y compañía.

A mis padres por brindarme la vida, por su apoyo incondicional y porque han creído siempre en mí. A ti mamá que valoro tu valentía, te has esforzado muchísimo para que pueda salir adelante. A mis hermanos que quiero mucho, por todo su apoyo, complicidad y palabras de motivación.

Dedicado a:

***MIS PADRES
Y HERMANOS***

De: Daniel Alfonso May Uicab

AGRADECIMIENTOS

Estamos infinitamente agradecidos con Dios por permitirnos alcanzar juntos este logro profesional en nuestras vidas.

Agradecemos a nuestros padres, hermanos y hermanas por su apoyo incondicional a lo largo de nuestra vida y nuestra carrera, y de los que también hemos aprendido muchas cosas.

A Julio, Jony y Nata, que nunca creyeron que terminaríamos nuestra tesis. A todos nuestros familiares y amigos que siempre estuvieron interesados, preguntando: ¿Cuándo terminaríamos?, eso nos motivó a seguir siempre adelante.

Estamos profundamente agradecidos con nuestros Profesores por compartir su experiencia, sus enseñanzas y por su paciencia.

A la Dra. Ma. Magdalena Vázquez González directora de esta tesis por darnos la oportunidad de participar en las colectas, por tenernos paciencia y por adentrarnos en este maravilloso mundo de los ácaros, gracias por sus regaños merecidos que de lo contrario, no hubiéramos terminado, y gracias por compartir toda su experiencia científica.

Agradecemos a la M.C. Patricia Fragoso Servón por facilitarnos el uso del laboratorio, por su apoyo para realizar los análisis de suelos y por toda su orientación a lo largo de nuestro trabajo.

Estamos agradecidos con el Dr. Leopoldo Cutz Pool, por asesorarnos y ayudarnos en el análisis de los datos estadísticos, a aclarar nuestras dudas y por sus sugerencias y comentarios.

A la Dra. Gabriela Castaño Meneses por sus observaciones, sugerencias y por todo su tiempo invertido.

Al M.C. Juan Antonio Rodríguez Garza y a la M.C. Lidia Esther Serralta Peraza por sus indicaciones y consejos en la corrección de este trabajo.

Para la realización de este trabajo se contó con el apoyo de CONABIO a través del proyecto HJ028 “Riqueza Específica y Biodiversidad de Microartrópodos Edáficos de la Isla de Cozumel, Quintana Roo”.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 La funcionalidad del suelo y su conservación.....	4
2.2 La fauna del suelo y su clasificación.....	5
2.3 Características generales de los oribátidos.....	8
2.4 Relación de los ácaros oribátidos y el suelo.....	10
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	14
3.1 Objetivo principal.....	14
3.2 Objetivos particulares.....	14
3.3 Hipótesis.....	15
4. ZONA DE ESTUDIO.....	16
4.1 Área geográfica.....	16
4.2 Edafología.....	17
4.3 Clima.....	17
4.3.1 Temperatura.....	18
4.3.2 Precipitación.....	18
4.4 Principales Ecosistemas.....	18
4.5 Vegetación.....	19
4.5.1 Selva mediana subcaducifolia.....	19
4.5.2 Asociaciones de mangle.....	21
4.5.3 Matorrales costeros.....	22
5. METODOLOGÍA.....	23
5.1 Colecta.....	23
5.2 Obtención de organismos.....	25

5.3	Análisis de suelos.....	26
5.4	Análisis estadístico	30
6.	RESULTADOS	32
6.1	Ácaros oribátidos.....	32
6.1.1	Abundancia y riqueza de ácaros oribátidos en la Isla de Cozumel.....	32
6.2	Diversidad de ácaros oribátidos.....	42
6.2.1	Diversidad general.....	42
6.2.2	Diversidad en abril y en julio.....	43
6.3	Prueba <i>t</i> de Student.....	44
6.3.1	Comparación de la prueba <i>t</i> -student en abril y en julio.....	45
6.4	Similitud de Sørensen	45
6.4.1	Similitud de Sørensen en abril y en julio	46
6.5	Análisis edafológicos	47
6.5.1	Análisis edafológicos generales.....	47
6.5.2	Análisis edafológicos en abril y en julio.....	49
6.6	Regresiones lineales simples	50
6.6.1	Correlaciones generales de los análisis edafológicos y la abundancia de los ácaros oribátidos.....	50
7.	DISCUSIÓN	55
7.1	Riqueza y abundancia de los ácaros oribátidos.....	55
7.2	Índices de diversidad de Shannon (H'), equitatividad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (λ)	58
7.3	Abundancia e índice de similitud	61
7.4	Análisis edafológicos.....	62
8.	CONCLUSIONES.....	69
9.	REFERENCIAS	72
10.	ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de la fauna del suelo de acuerdo a diferentes autores y criterios (tomado y modificado de Palacios-Vargas & Mejía Recamier, 2007)....	7
Cuadro 2. Distribución, abundancia absoluta y abundancia relativa de las familias de Oribátidos colectados en tres sitios de Cozumel: SM (Selva Mediana), SB (Selva Baja), DC (Duna Costera).	34
Cuadro 3. Distribución de las familias de los ácaros oribátidos y su abundancia absoluta en tres sitios: selva mediana, selva baja y duna costera, correspondientes a dos meses del año.	37
Cuadro 4. Comparación de los índices estadísticos: Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Equitatividad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (λ) en los tres sitios.	42
Cuadro 5. 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 julio en los tres sitios.	44
Cuadro 6. Comparación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener mediante la Prueba de t de Student para los tres sitios muestreados, utilizando la corrección de Bonferroni ($\alpha=0.05/3=0.01$). * = $p<0.01$, significativo.	44
Cuadro 7. Comparación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener mediante la Prueba de t de Student, utilizando la corrección de Bonferroni ($\alpha=0.05/15=0.003$). $p<0.0025$, * = significativo, ns= no significativo.	45
Cuadro 8. Comparación del índice de similitud de Sørensen por sitio.	46
Cuadro 9. Comparación del índice de similitud de Sørensen por sitio y por mes.	47
Cuadro 10. Resultados de los análisis físico- químicos de los suelos de los tres sitios.	48
Cuadro 11. Resultados de los análisis físico- químicos de los suelos de los tres sitios en los meses de abril y julio.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la morfología externa de los ácaros oribátidos, vista lateral (modificado de Krantz, 1978).	9
Figura 2. Localización de la Isla de Cozumel (CONANP, 2007)	16
Figura 3. Abundancia absoluta de los ácaros oribátidos colectados en tres diferentes sitios: SM=selva mediana, SB=selva baja y DC=duna costera.	32
Figura 4. Abundancia relativa de los ácaros oribátidos colectados en tres diferentes sitios: SM=selva mediana, SB=selva baja y DC=duna costera.	33
Figura 5. Abundancia absoluta de ácaros oribátidos recolectados durante dos meses en tres sitios: selva mediana, selva baja y dunas costeras.	35
Figura 6. Abundancia absoluta de las familias de ácaros oribátidos en la selva mediana colectadas en el mes de abril y en mes de julio del año 2011.	38
Figura 7. Abundancia absoluta de las familias de ácaros oribátidos en la selva baja colectadas en el mes de abril y en el mes de julio del año 2011.	39
Figura 8. Abundancia absoluta de las familias de ácaros oribátidos en la duna costera colectadas en el mes de abril y en el mes de julio del año 2011.	40
Figura 9. Análisis de la variancia de la abundancia de los ácaros oribátidos colectados entre los meses de abril y julio en la selva mediana (SM), selva baja (SB) y duna costera (DC).	41
Figura 10. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y el contenido de materia orgánica en los tres sitios.	50
Figura 11. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y el pH en los tres sitios.	51
Figura 12. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y la temperatura en los tres sitios.	51
Figura 13. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y la humedad en los tres sitios.	52
Figura 14. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y la salinidad en los tres sitios.	52

Figura 15. Análisis de Componentes Principales entre las familias de ácaros oribátidos y las propiedades físico- químicas del suelo54

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Selva mediana subcaducifolia. San Gervasio, Cozumel. Daniel May, 2011.	20
Foto 2: Selva baja inundable, Punta Sur, Cozumel. Elvia Alamilla, 2011.	21
Foto 3: Duna costera, Punta Sur, Cozumel. Daniel May, 2011.	22
Foto 4: Método de colecta y extracción de las muestras. Elvia Alamilla, 2011.	24
Foto 5: Muestras de hojarasca colocadas en embudos de Berlesse-Tullgren, Laboratorio de Microartrópodos Edáficos, UQROO. Elvia Alamilla, 2011.	25
Foto 6: Medición del pH por el método electrométrico, Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Daniel May, 2011.	26
Foto 7: Medición del contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black, Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Daniel May, 2011.	27
Foto 8: Determinación de la textura por el Método de Bouyucos, Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Elvia Alamilla, 2011.	28
Foto 9: Determinación del color utilizando las tarjetas de la Tabla de Munsell, Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Daniel May, 2011.	29
Foto 10: Familia Eremobelbidae	77
Foto 11: Familia Damaeolidae.....	77
Foto 12: Familia Carabodidae.....	78
Foto 13: Familia Liacaridae	78
Foto 14: Familia Nothridae.....	78
Foto 15: Familia Thrypochthoniidae	78
Foto 16: Familia Malaconothridae	78
Foto 17: Familia Epilohmaniidae.....	78
Foto 18: Familia Nanhermanniidae	78

Foto 19: Familia Hermanniidae	78
Foto 20: Familia Plasmobatidae	78
Foto 21: Familia Gymnodamaeidae	78
Foto 22: Familia Plateremaeidae	78
Foto 23: Familia Damaeidae	78
Foto 24: Familia Charassobatidae	78
Foto 25: Familia Hypochtoniidae	78
Foto 26: Familia Microzetidae	78
Foto 27: Familia Eremaozetidae	78
Foto 28: Familia Eremulidae	78
Foto 29: Familia Ctenacaridae	78
Foto 30: Familia Microtegeidae	78
Foto 31: Familia Oribatellidae	78
Foto 32: Familia Xylobatidae	78
Foto 33: Familia Mochlozetidae	78
Foto 34: Familia Haplozetidae	78
Foto 35: Familia Oripodidae	78
Foto 36: Familia Galumnidae	78
Foto 37: Familia Scheloribatidae	78
Foto 38: Familia Nasobatidae	78
Foto 39: Familia Microtegeidae	78
Foto 40: Familia Dampfiellidae	78
Foto 41: Familia Protoplophoridae	78
Foto 42: Familia Liodidae	78
Foto 43: Familia Euphthiracaridae	78

Foto 44: Familia Lohmanniidae.....	78
Foto 45: Familia Sphaerochthoniidae	78
Foto 46: Familia Phthiracaridae	78
Foto 47: Familia Cosmochthoniidae.....	78
Foto 48: Familia Achipteriidae	78
Foto 49: Familia Phenopelopidae	78

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico se apoya ampliamente en la explotación de los recursos naturales, entre ellos, el suelo. El suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los organismos que viven en ella. Es un recurso vital, ya que es el sostén de la vegetación y la fauna terrestre, además de ser el sitio donde se llevan a cabo una serie de procesos biológicos en los que participan microorganismos, moluscos, anélidos, microartrópodos, entre muchos otros (Crespo, 2004).

Una característica particular de los suelos es que son muy variables en el espacio y en el tiempo. Esta variabilidad es el resultado de la compleja interacción de factores y procesos que intervienen en su formación. El suelo juega un papel muy importante en lo que ahora se ha denominado servicios ambientales, como es la captación de agua, el reciclaje de nutrientes, el amortiguamiento de la retención y transformación de sustancias contaminantes (Bautista, 2005).

Además el suelo constituye el hábitat para numerosos organismos. Un descenso en la calidad del suelo contribuye, generalmente, a un descenso en la diversidad de especies, con las consecuencias, muchas veces irreversible, de pérdida de especies y de ecosistemas que ello conlleva (Hagvar, 1994).

Un objetivo prioritario, en el manejo sostenible, es el de mantener el equilibrio adecuado que permita que las funciones del suelo se desarrollen con normalidad o dentro de márgenes recuperables por el sistema (sostenibles). El deterioro de cualquiera de las funciones del suelo disminuye su capacidad de suministrar los requerimientos básicos para mantener los ecosistemas que de él dependen. Establecer prioridades entre todos los intereses implicados y armonizar los usos del suelo son tareas a desarrollar para la consecución del mismo (Iturrondobeitia, 2004).

Entre los organismos más abundantes que forman parte de la fauna edáfica se encuentran los ácaros oribátidos, que son probablemente el grupo mejor conocido de los integrantes de la Subclase Acarida en México. Constituyen el orden de mayor diversidad morfológica y el más rico en cuanto a número de especies se refiere (Marín, 2006). En los últimos años los ácaros oribátidos han sido objeto de gran atención, pues constituyen excelentes bioindicadores de impacto ambiental (Krivolutzky, 1976).

Es importante efectuar estudios que permitan conocer el papel que desempeñan los ácaros oribátidos en el suelo y su rol como indicadores de la presencia y abundancia de materia orgánica presente en diferentes ecosistemas, y en los procesos de descomposición. En el presente trabajo se determinó la relación que existe entre el contenido de materia orgánica en los suelos y la riqueza y abundancia de los ácaros oribátidos en tres diferentes ecosistemas de Cozumel, Quintana Roo: selva mediana subcaducifolia, selva baja inundable y duna costera.

La información generada servirá de base para la toma de decisiones futuras sobre el manejo y conservación de las áreas estudiadas.

2. ANTECEDENTES

2.1 La funcionalidad del suelo y su conservación

El suelo actúa como sistema estático soportando las actividades humanas, y como sistema dinámico pues está en constante cambio tanto por su naturaleza como por la interacción con los factores ambientales, físicos, químicos y biológicos y en el que tienen lugar procesos biogeoquímicos cruciales. Dicha dualidad obliga a modificar las concepciones tradicionales de suelo que incidían principalmente sobre la utilidad del mismo, tendiendo en la actualidad a enfatizar más sobre las funciones que realiza y la interacción entre ellas. Las políticas de protección del suelo, como los Ordenamientos Ecológicos Territoriales, refuerzan la idea de considerar al sistema más desde el punto de vista de las funciones que desempeña que de los usos que tradicionalmente se le han asignado (Iturrondobeitia, 2004).

Así, las funciones naturales básicas del suelo pueden resumirse en las siguientes según Iturrondobeitia (2004):

- **Hábitat y soporte biológico:** el suelo es el hábitat natural de 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, en él se llevan a cabo funciones centrales de regulación dentro de los ecosistemas. Es en el suelo en donde se realizan una serie de funciones biológicas y biogeoquímicas que ayudan a la liberación de nutrientes.
- **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 adsorción. La capacidad del suelo para compensar es limitada, su alteración conduce a la reducción o al colapso de dichas funciones.

Durante siglos, todas las funciones del suelo eran mantenidas sin gran problema. Las dificultades surgen a comienzos del siglo XX, cuando el desarrollo creciente comenzó a entrar en conflicto con las funciones naturales del suelo. El aumento de asentamientos humanos y de infraestructura, principalmente para las industrias y el transporte, el vertido de residuos, la extracción de minerales y la agricultura intensiva, entre otros, han ejercido y siguen ejerciendo una gran presión sobre el sistema suelo.

2.2 La fauna del suelo y su clasificación

La fauna del suelo o fauna edáfica está compuesta por una gran diversidad de organismos entre los que sobresalen: los protozoarios, nemátodos, gastrotricos,

oligoquetos, crustáceos, ácaros, arácnidos, colémbolos e insectos. Los organismos del suelo alcanzan su mayor complejidad y diversidad en los ambientes naturales o poco deteriorados, como en selvas, bosques y praderas, pues es aquí donde se reúnen las características de vegetación y tipos de suelo idóneos. La gran variedad que existe en el tamaño, cantidad, actividad, régimen alimentario, preferencia de microhábitat, adaptación, entre otros, de los distintos organismos que viven en el suelo ha originado diversos sistemas de clasificación (Vázquez, 1999).

Dependiendo del criterio que se tome en cuenta, se tienen distintas clasificaciones de la fauna del suelo, como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de la fauna del suelo de acuerdo a diferentes autores y criterios (tomado y modificado de Palacios-Vargas & Mejía Ramírez, 2007)

CRITERIO	AUTOR	CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS
Permanencia en el suelo	Jacot (1940)	Geobiontes: Organismos que pasan todo su ciclo biológico en el suelo.	Ácaros y colembolos
		Periódicos: Organismos que únicamente el adulto sale del suelo para reproducirse.	Prostigmados de la familia Trombididae
	Palacios (2007)	Geofilos: Organismos que pasan una parte de su vida en el suelo.	Coleopteros, hormigas, termitas, lepidopteros y dípteros
		Transitorios: Organismos que utilizan el suelo para hibernar.	
Adaptación y preferencia al suelo	Christiansen (1964)	Epiédáficos: Organismos que viven en la superficie del suelo y ojarasca.	Entomobryidae y Sminthuridae
	Rapoport (1969)	Hemiédáficos: Organismos que se encuentran en 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.	Colembolos, 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.	Opilioacáridos
		Micófagos: Organismos que se alimentan de hongos.	Opilioacáridos
	Krantz y Lindquist (1979)	Depredadores o zoófagos: Organismos que consumen animales vivos que son atrapados por ellos mismos.	Arácnidos
		Necrófagos: Organismos que consumen carroña.	Lombrices
		Coprófagos: Organismos que se nutren de material fecal de diversos animales.	Coleopteros, hormigas

2.3 Características generales de los oribátidos

Los ácaros son arácnidos (Subclase Acari dentro de la Clase Arachnida). Es decir, son quelicerados que poseen un par de quelíceros, pedipalpos y cuatro pares de patas. Dentro de los arácnidos constituyen el grupo más diverso y rico en especies (Krantz, 1978).

Se han citado una serie de características definitorias de lo que es un ácaro:

- Animales de pequeño tamaño, aunque con una variedad muy amplia ya que el rango que se puede encontrar varía desde menos de 0.1 mm (algunos ácaros parásitos de abejas o de plantas) hasta los 3 cm que pueden alcanzar las garrapatas.
- Cuerpo dividido en dos regiones: el prosoma y el opistosoma. Esta división no es clara y únicamente en algunos grupos se aprecia un surco que divide ambas partes.
- Presencia en la parte anterior del cuerpo de una estructura denominada gnatosoma (forma la boca, los quelíceros y los palpos).
- Respiración traqueal o cutánea.
- Reproducción mediante espermatóforos que se depositan en el sustrato o son transferidos directamente del macho a la hembra.
- Patrón básico de desarrollo postembrionario que incluye una prelarva quiescente hexápoda, una larva activa, también hexápoda y tres estadios

ninfales octópodos (protoninfa, deutoninfa, tritoninfa) antes de llegar al adulto.

Los oribátidos (Oribatida) son uno de los grupos más diversos y abundantes entre los ácaros (más de 5000 especies), los cuales casi en su totalidad forman parte de la fauna del suelo; existen unas pocas especies arborícolas y foréticas sobre abejas; la mayor parte son fungívoras, se pueden alimentar también de algas y esporas. Otras especies son fitófagas (hojas, acículas) o se alimentan de madera muerta. Muy pocas especies son depredadoras (de nemátodos, principalmente). Son ácaros de tamaño medio (0.2-1.3 mm), que se mueven lentamente y, en la mayoría de los casos, están fuertemente esclerotizados. Tienen un escudo dorsal, o *notogaster*, que se extiende lateralmente y que protege al idiosoma. Pueden tener tricobotios. Las aberturas respiratorias se encuentran entre las coxas de las patas II y III, aunque en otros existen unas estructuras, *braquitraqueas*, que se abren al exterior en la base de unas sedas sensoriales del propodosoma, los *botridios* o en las patas (Iraola, 1998).

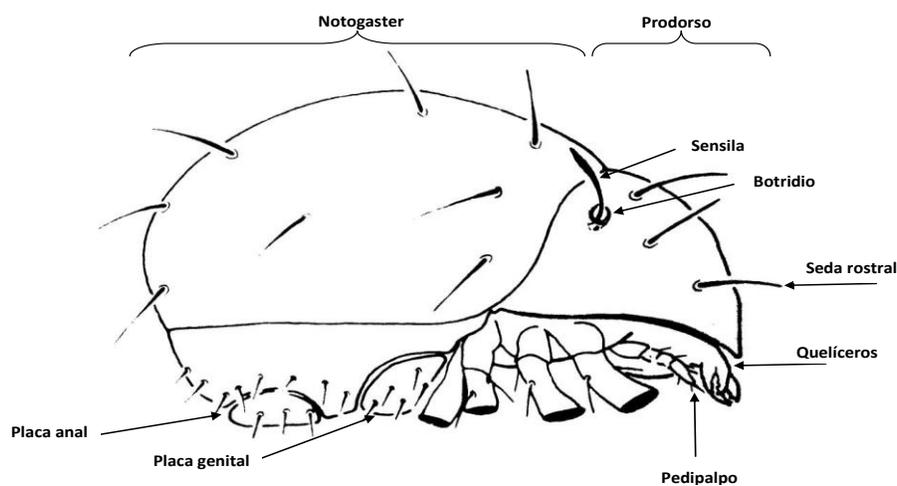


Figura 1. Esquema de la morfología externa de los ácaros oribátidos, vista lateral (modificado de Krantz, 1978).

2.4 Relación de los ácaros oribátidos y el suelo

Pocos trabajos muestran el papel que cumplen los oribátidos en la dinámica dentro de los procesos edáficos y su relación con el medio en el que viven.

El trabajo realizado por Crossley *et al* (1992) demuestra que existen cambios en las poblaciones de microartrópodos, en especial de ácaros oribátidos, cuando existe un cambio de uso de suelo para la agricultura, notándose una disminución de la población de ácaros. En estos casos es evidente la variación de la población acarológica cuando el suelo es transformado.

En el trabajo sobre el estudio faunístico de los Oribátidos de pinares incendiados de un sector de la cara Sur de la Sierra de los Gredos en España, realizado por Gil-Martín y Subías (1998), se señala a ciertas familias que son raras o poco frecuentes. Su ausencia podría estar relacionada a las altas temperaturas a las que son expuestas, mientras que la abundancia de especies como: *Aphelacarus acarinus*, *Microppia minus*, *Serratoppia intermedia* y *Oribatula tibialis*, indicarían que son pioneras en recolonización de suelos anteriormente perturbados.

Los colémbolos forman parte de la fauna edáfica y son organismos con alta vulnerabilidad a cambios en el medio ambiente, por ello son considerados buenos bioindicadores. Los colémbolos se han utilizado para determinar ciertas condiciones en los suelos debido a su rápida respuesta a la perturbación, además

de que son predecibles y por lo tanto analizables; por ejemplo, la potencialidad agrícola, la acidificación, la toxicidad por metales pesados y la fertilidad en suelos forestales (Mendoza *et al.* ,1999).

Andrés y Pérez (2004) realizaron un estudio en un agroecosistema de cafetal en Jinotega, Nicaragua, donde se muestra la existencia de ciertas familias de ácaros oribátidos (Microzetidae, Haplozetidae, Scheloribatidae y Galumnidae) expuestas a ciertos grados de estrés en el suelo, lo que se considera que dichas familias son indicadoras de agroecosistemas alterados.

En la investigación realizada por Socarrás y Rodríguez (2005) en Cuba, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la rehabilitación con *Pinus cubensis* Griseb en áreas afectadas por la actividad minera, utilizando la variación de la mesofauna edáfica como indicador biológico, se demostró que ciertos grupos de organismos como los ácaros oribátidos, astigmados, gamasinos, prostigmados, además de colémbolos y psocópteros, son considerados recolonizadores y buenos indicadores del estado del suelo.

Por otro lado, un estudio más específico realizado por Haq (2007) en la zona tropical de la India, basado en pruebas de alimentación, análisis del contenido estomacal y pruebas enzimáticas de los ácaros oribátidos, identificó tres principales categorías nutricionales: micro, macro y panfitófagos. En el análisis del contenido estomacal se encontraron dos enzimas, la celulasa y celubiasa, que son degradadoras de celulosa. También se analizaron cuantitativamente ciertos micro

y macro nutrientes en restos de plantas antes y después de ser consumidos por los ácaros oribátidos, demostrando un incremento en la concentración de estos nutrientes particularmente N (nitrógeno), P (fósforo) y K (potasio). Finalmente, el principal resultado fue la degradación de celulosa por ácaros oribátidos, y posteriormente el incremento y la liberación de nutrientes atrapados en restos de plantas. El estudio demuestra que la presencia de ácaros oribátidos es muy importante para el ciclo de los nutrientes del suelo, ya que la materia orgánica procesada por ellos permite la liberación de nutrientes que quedan disponibles para poder ser asimilados por las plantas.

Algunos grupos de ácaros y colémbolos han sido utilizados como bioindicadores de determinadas condiciones ambientales, así por ejemplo, los ácaros de la Cohorte Uropodina (Mesostigmata) son indicadores de suelo ricos en detritus. Estos ácaros son muy abundantes y diversos en suelos con alto contenido de materia orgánica y, por lo tanto, suelos considerados como fértiles (Vázquez *et al*, 2011).

Los ácaros oribátidos se encuentran ampliamente distribuidos en una gran variedad de hábitats que comprenden: cuevas, galerías, nidos, musgos y cortezas de los arboles, siendo más abundantes en humus, hojarasca y suelos. Los ácaros oribátidos logran su mayor diversidad y abundancia en hojarasca y suelo forestales donde alcanzan densidades de 400,000 ind/m². Se alimentan de restos de vegetales en descomposición o de los micelios o cuerpos fructíferos de los hongos que crecen en dicho material. Participan en la degradación de la materia

orgánica, ya que al fragmentar los residuos vegetales durante la alimentación, exponen un área de superficie grande para la actividad microbiana, es decir, hacen los desechos orgánicos más asequibles a los microorganismos. Los oribátidos contribuyen además a la diseminación de esporas que se adhieren a sus cuerpos o son evacuadas en forma viable junto con las heces (Vázquez, 2001).

Los ácaros edáficos contribuyen de manera importante en la estructura del suelo y en el ciclo de los nutrientes, por ello existen correlaciones con las variables físicas, químicas y biológicas que repercuten en la abundancia de estos organismos, como en el caso de los ácaros oribátidos (Marín, 2006).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo principal

- Determinar la relación que existe entre el contenido de materia orgánica en los suelos y la riqueza y abundancia de familias de los ácaros oribátidos en tres diferentes sitios de Cozumel, Quintana Roo.

3.2 Objetivos particulares

- Evaluar la riqueza de ácaros oribátidos presentes en tres diferentes asociaciones vegetales de Cozumel: Selva mediana de San Gervasio, Selva Baja Inundable (Asociación de mangle y ciricote), y Duna costera, en las costas de Punta Sur.
- Determinar la abundancia relativa de cada una de las familias de oribátidos encontradas.
- Evaluar las propiedades físicas (humedad, textura, temperatura y color) y químicas (pH, salinidad y contenido de materia orgánica) de los suelos en diferentes comunidades ecológicas.
- Relacionar la riqueza y la abundancia de las familias de los ácaros oribátidos con las propiedades físicas y químicas de los suelos.

3.3 Hipótesis

- La materia orgánica es esencial para el desarrollo de comunidades de ácaros oribátidos, por lo que se espera que en los suelos con alto contenido de materia orgánica se presente una mayor riqueza y abundancia de ácaros oribátidos edáficos, y tales parámetros de la comunidad de ácaros pueden ser utilizados como un indicador de estado de conservación mejor de los suelos.

4. ZONA DE ESTUDIO

4.1 Área geográfica

La isla de Cozumel se encuentra ubicada en el Mar Caribe y pertenece al estado de Quintana Roo en México. Está localizada a 17.5 km. al sureste de la costa de la ciudad de Playa del Carmen, al noreste de la Península de Yucatán. Sus coordenadas extremas son: 87°02'W 20°16'N; 6°43'W 20°36'N, siendo así el territorio más oriental de México. La isla, la cual tiene una longitud máxima de 45 km y una anchura de 15 km., colinda con el municipio de Solidaridad al este, aunque quede separada del mismo por el llamado canal de Cozumel, y por el oeste se extiende el mar Caribe. Las porciones continentales del municipio limitan al norte, sur y oeste con el municipio de Solidaridad y con el mar Caribe al este (Fig. 2; CONANP, 2007).

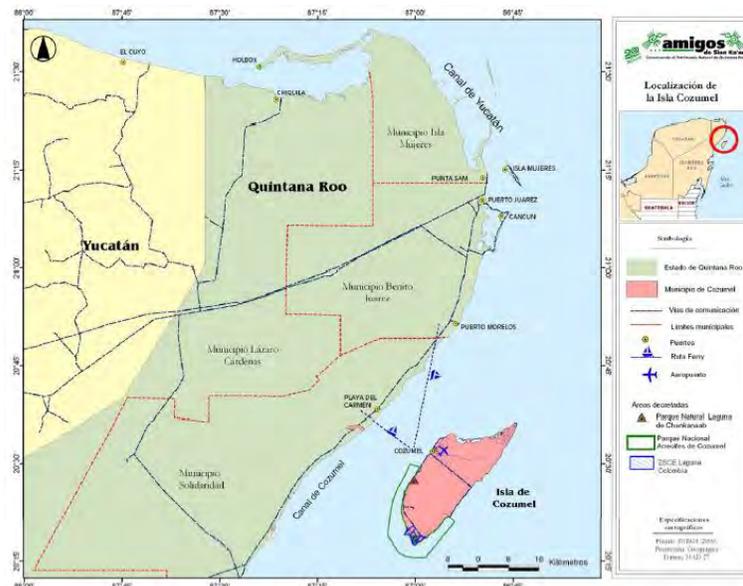


Figura 2. Localización de la Isla de Cozumel (CONANP, 2007)

4.2 Edafología

Se distribuyen en la superficie insular los grupos principales de suelos con extensiones muy desiguales. Para la selva mediana subcaducifolia los tipos de suelo son Leptosol húmico rendzico, Leptosol húmico lítico y Phaeozems húmicos lépticos; en la selva baja inundable el suelo es Solonchak de tipo arénico sódico y Arenosol de tipo calcárico. En el caso de la duna costera los tipos de suelo que existen son Arenosol calcárico sódico, Leptosol húmico lítico y Gleysol arénico sódico (INEGI, 2008).

4.3 Clima

De manera general en el estado de Quintana Roo la época de lluvias comprende los meses de mayo a octubre, aunque a veces se prolonga hasta noviembre. La temporada de secas abarca los meses de noviembre a abril, y esta época se puede dividir en dos subperiodos: época de nortes, de noviembre a febrero y la franca sequía, que comprende de febrero al mes de abril (Herrera, 2011)

El clima en la Isla de Cozumel es del tipo Am w (I), es decir, cálido húmedo con abundantes lluvias en verano según el sistema de Köppen modificado por García (1973).

4.3.1 Temperatura

La temperatura media es de 25.5°C con pocas oscilaciones diarias. Las máximas se dan en agosto (valor extremo registrado de 39°C) y las mínimas en enero. En los meses de invierno las temperaturas pueden llegar a ser un poco más bajas (20°C), habiéndose registrado un mínimo extremo de 6°C (CONANP, 2007).

4.3.2 Precipitación

Precipitación promedia anual de 1570 mm con un máximo en septiembre-octubre (250 mm mensuales) y un mínimo en marzo-abril (con 40 mm mensuales). Teniendo en cuenta la superficie de la isla, esto representa un volumen total precipitado al año de 714 hm³ (millones de metros cúbicos) (CONANP, 2007)

4.4 Principales Ecosistemas

La isla está cubierta en casi toda su extensión por selva mediana subcaducifolia con especies como el zapote (*Manilkara zapota*), el chacah (*Bursera simaruba*) y el ramón (*Brosimum alicastrum*). En el litoral norte existe el tular. En la costa sudoccidental de la isla existe una barrera arrecifal que constituye un Parque Marino Nacional.

Considerando el impacto que le provoca al medio ambiente la gran cantidad de visitantes a la isla y la necesidad de preservar sus recursos naturales, se han decretado las siguientes áreas protegidas:

- **Parque Nacional Arrecifes de Cozumel:** Con una superficie de 11,897 hectáreas que comprende los arrecifes coralinos del litoral suroeste de la isla.
- **Parque Natural ChanKanaab:** con una superficie de 14 hectáreas en las que se protege la flora y fauna silvestre y acuática de este cuerpo de agua, además del jardín botánico que lo rodea.
- **Laguna Colombia:** Zona sujeta a conservación ecológica con una superficie de 674 hectáreas para proteger la laguna Colombia, situada en el sur de la isla.

4.5 Vegetación

4.5.1 Selva mediana subcaducifolia

Conformada principalmente por dos estratos arbóreos de entre 8 y 20 m de altura, existe un escaso estrato arbustivo-herbáceo compuesto por individuos jóvenes de las especies que dominan los estratos arbóreos. El suelo está poco desarrollado y es pobre en materia orgánica; sin embargo, existen zonas de la isla, donde este tipo de vegetación es más complejo, presentando un estrato arbustivo bien

definido fisionómica y florísticamente. Alrededor del 50% de las especies son caducifolias. Entre las especies arbóreas se encuentran *Manilkara zapota* (zapote), *Esenbeckia pentaphyla* (hoocop), *E. berlandieri*, *Calliandra belizensis*, *Cedrela odorata* (cedro rojo), *Vitex gaumeri*, *Psidium sartorianum* (pichiche), *Bursera simaruba* (chacah), *Metopium brownei* (chechem), *Lysiloma latisiliquum* (tzuk-te), *Pithecellobium platylobum* (chacojo), *Piscidia piscipula*, *Picramnia andicola*, *Pithecellobium sp.*, *Ceiba aesculifolia* (ceiba), *Mastichodendron gaumeri*, *Gliricida sepium*, *Caesalpinia violacea* y *C. gaumeri* (kitamche), y otras. Dentro de

las trepadoras es frecuente *Pisonia aculeata*, mientras que en el estrato arbustivo y herbáceo son comunes *Esenbeckia berlandieri*, *Guettarda elliptica*, *Gliricida sepium*, *Coccoloba cozumelensis*, *Mimosa sp.*, *Senna sp.*, *Chrysobalanus icaco*, en las áreas más cercanas a la costa, y *Solanum sp* (CONANP, 2007).



Foto 1: Selva mediana subcaducifolia. San Gervasio, Cozumel. Daniel May, 2011.

4.5.2 Asociaciones de mangle

Más alejadas de la costa se encuentran *Suriana marítima* L. y *Tournefortia gnaphalodes* R. Br. (sikimay), junto con *Sporobolus virginicus* y *Ambrosia hispida*.

La siguiente franja de vegetación muestra algunos arbustos como el chit (*Thrinax radiata*), *Jacquinia paludicola*, *Lantana involucrata*, *Pithecellobium keyense*, *Hymenocallis caribea* y *Chryrobalanus icaco* (icaco). A unos 100 metros de la costa empieza a notarse la influencia de la laguna costera, con la aparición del chechén (*Metopium brownei*), ciricote (*Cordia sebestena*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.). Esta franja marca el límite entre el matorral costero propiamente dicho y

los manglares.

Además de estas especies existen

Coccoloba uvifera,

Cordia gerascanthus,

Bravaisia tubiflora,

Dicliptera assurgens,

Trixis inula, *Crotalaria*

pumila, *Nopalea*

gaumeri, y varias más

(CONANP, 2007).



Foto 2: Selva baja inundable, Punta Sur, Cozumel. Elvia Alamilla, 2011.

4.5.3 Matorrales costeros

Los matorrales costeros se desarrollan fundamentalmente en la barra de la laguna La Colombia, así como en la barra de Celarain. Se desarrollan sobre suelos arenosos sueltos y dunas fijas (en el caso de la barra de La Colombia), y sobre areniscas calcáreas

consolidadas (en el caso de barra de Celarain). Ambos se clasifican como regosoles (Huntunich, en maya). Las especies pioneras son

Cenchrus equinatus,

Cakile lanceolata,

Canavalia rosea,

Ambrosia hispida, *Opuntia stricta*, *Ipomea* sp, y *Sesuvium portulacastrum*

(CONANP, 2007).



Foto 3: Duna costera, Punta Sur, Cozumel. Daniel May, 2011.

5. METODOLOGÍA

Se seleccionaron tres sitios de muestreo que son:

1. La selva mediana subcaducifolia de San Gervasio, que es una zona en relativo buen estado de conservación y de donde la isla se abastece de agua dulce (SM).
2. Las dunas costeras de Punta Sur, que forman parte de un ecosistema de gran belleza con grandes extensiones de arena fina en las playas que son un atractivo para los turistas (DC).
3. Asociación de mangle y ciricote en la selva baja inundable de la Laguna Colombia en Punta Sur, donde es característico el mangle botoncillo, mangle rojo y ciricote (SB).

San Gervasio y Punta Sur son áreas naturales protegidas de carácter municipal que son administradas por la Fundación de Parques y Museos de Cozumel.

5.1 Colecta

En cada sitio se trazó un transecto de 30 m de largo del que se tomaron muestras cada 3m. Se tomaron 10 muestras de hojarasca de 20cm² para la extracción de organismos (microartrópodos). En las dunas costeras se colocaron trampas pitfall, que consistieron en botellas de plástico cortadas a la mitad en las cuales la parte de arriba se invirtió dentro de la parte de abajo quedando en forma de embudo,

donde se vertió anticongelante de carro para la conservación de los organismos, dichas trampas se enterraron a ras de suelo para que los organismos al caminar por la noche cayeran dentro de las trampas. Se tomaron 10 muestras de suelo del mismo lugar para los análisis físico- químicos. Todas las muestras de suelo y hojarasca para transportarlas al laboratorio fueron colocadas dentro de bolsas de plástico que contenían etiquetas con los datos del sitio, fecha, número de muestra y coordenadas

geográficas. Se realizaron dos colectas puntuales en dos meses del año, en el mes de abril correspondiente a la temporada de sequía y en el mes de julio correspondiente a la



Foto 4: Método de colecta y extracción de las muestras. Elvia Alamilla, 2011.

temporada de lluvias, ambas en el año 2011. En cada mes se colectaron 30 muestras de hojarasca y 30 muestras de suelo.

5.2 Obtención de organismos

Las muestras de hojarasca se colocaron en embudos de Berlesse-Tullgren en el laboratorio, a temperatura ambiente durante 5 días. El principio por el cual funciona este método para extraer artrópodos se basa en el fototropismo negativo que presentan estos organismos y en su capacidad de movimiento hacia las capas profundas de suelo u hojarasca conforme se van secando las capas superiores (Vázquez, 1999). En la parte superior del embudo se colocó una malla y sobre ésta la muestra de

hojarasca, los organismos bajaron hasta caer en un frasco con alcohol al 70% colocado en la parte inferior del embudo. Los

organismos colectados se cuantificaron y clasificaron bajo el

microscopio estereoscópico a grandes taxones (familia ó género) y se depositaron en viales pequeños con alcohol y etiquetas con los datos de colecta e identificación del organismo.



Foto 5: Muestras de hojarasca colocadas en embudos de Berlesse-Tullgren, Laboratorio de Microartrópodos Edáficos, UQROO. Elvia Alamilla, 2011.

5.3 Análisis de suelos

Las muestras de suelo colectadas se prepararon de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 021-RECNAT-2000 (DOF, 2002), para su análisis en el laboratorio, y se analizaron las siguientes propiedades físico-químicas:

pH: La determinación del pH se realizó mediante el método electrométrico en una solución de agua pura. La evaluación electrométrica del pH se basa en la determinación de la actividad del ion H mediante el uso de un electrodo cuya membrana es sensitiva al H. El pH es una de las mediciones más comunes e importantes en los análisis químicos rutinarios de suelo, ya que controla reacciones químicas y biológicas en el suelo. La determinación del pH es afectada por varios

factores tales como:
el tipo y cantidad de
constituyentes

orgánicos e
inorgánicos que
contribuyen a la
acidez del suelo, la
concentración de
sales en la solución,
la relación suelo:



Foto 6: Medición del pH por el método electrométrico, Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Daniel May, 2011.

solución, la presión parcial de bióxido de carbono y el efecto de la suspensión asociado con el potencial de unión, etc.

Salinidad: Fue calculada por el método de la conductividad eléctrica, las sales solubles del suelo se usan en este método para referirnos a los constituyentes inorgánicos del suelo que son apreciablemente solubles en el agua.

Humedad: La determinación de la humedad se realizó por 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 realiza por la diferencia en peso entre la masa de suelo húmedo y la masa de suelo seco.

Materia orgánica: La determinación de la materia orgánica del suelo se realizó por medio del contenido de carbono orgánico con el método de Walkley y Black.

Este método se



Foto 7: Medición del contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black, Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Daniel May, 2011.

basa en la oxidación del carbono orgánico del suelo por medio de una disolución de dicromato de potasio y el calor de reacción que se genera al mezclarla con ácido sulfúrico concentrado. Después de un cierto tiempo de espera la mezcla se diluye, 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 carbón orgánico total por lo que es necesario introducir un factor de corrección.

Textura: Se determinó por el método de Bouyoucos. La textura del suelo se define como la proporción relativa de grupos dimensionales de partículas. El método consiste en eliminar la agregación debida a la materia orgánica y la floculación debida a los cationes calcio y magnesio.



Foto 8: Determinación de la textura por el Método de Bouyoucos, Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Elvia Alamilla, 2011.

Color: El color se determinó a través del igualamiento del color del suelo observado, tanto seco como húmedo, respecto al color registrado en las tarjetas de color de la Tabla Munsell, donde se manejan los parámetros de matiz (Hue), brillo (Value) e Intensidad (Chroma).



Foto 9: Determinación del color utilizando las tarjetas de la Tabla de Munsell, Laboratorio de Recursos Naturales, UQROO. Daniel May, 2011.

Temperatura: Para este valor se utilizó un termómetro en campo al momento de realizar la colecta. El termómetro se introdujo aproximadamente 3 cm en el suelo y se registró la temperatura marcada.

5.4 Análisis estadístico

Se calcularon para cada sitio:

A. Abundancias relativas (%).

B. Índice de Shannon (H'), de acuerdo a la siguiente fórmula:

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

C. Índice de equitatividad de Pielou (J'), que se calculó con:

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

D. Índice de dominancia de Simpson (λ), siguiendo la ecuación:

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

E. Los índices de diversidad de Shannon se compararon entre sí mediante una prueba de “t” de Student modificada (Zar, 1984) utilizando la corrección de Bonferroni, calculando los grados de libertad (PAST versión 1.94b, 2009) mediante la fórmula:

$$g.l. = \frac{(\text{var}_1 + \text{var}_2)^2}{(\text{var}_1^2/N_1) + (\text{var}_2^2/N_2)}$$

F. Índice de similitud de Sørensen:

$$CS = \frac{2C}{A+B} \times 100$$

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, para determinar el efecto de la zona sobre la abundancia de artrópodos. Los datos fueron normalizados mediante $\sqrt{x+0.5}$. Esta prueba se realizó con el programa STATISTICA versión 8.0 (Statsoft, 2007).

Para relacionar la riqueza de familias y la abundancia de los ácaros oribátidos con las propiedades físicas y químicas de los suelos, se usaron regresiones lineales simples, también con el programa STATISTICA versión 8.0 (Statsoft, 2007).

Para analizar la variabilidad de los sitios de muestreo y su correlación con las variables fisicoquímicas del suelo y la abundancia de los ácaros oribátidos, se realizó un análisis de componentes Principales, utilizando el paquete estadístico CANOCO ver 4 (Ter Braa and Smilaur, 1998).

6. RESULTADOS

6.1 Ácaros oribátidos

6.1.1 Abundancia y riqueza de ácaros oribátidos en la Isla de Cozumel

Se colectaron un total de 17,712 ejemplares provenientes de 60 muestras. Los organismos corresponden a 43 familias de ácaros oribátidos (Cuadro 2). La selva mediana (SM) registró 14,844 individuos agrupados en 42 familias; en la selva baja (SB) se encontraron 2,417 organismos representados en 22 familias; por último en las dunas costeras (DC) se registraron 451 ejemplares agrupados en 9 familias (Fig. 3; Cuadro 2). Estas abundancias representan el 84%, 14% y 2% respectivamente del total colectado (Fig. 4). La mayor abundancia de los ácaros oribátidos se presenta en la Selva Mediana (Fig. 3).

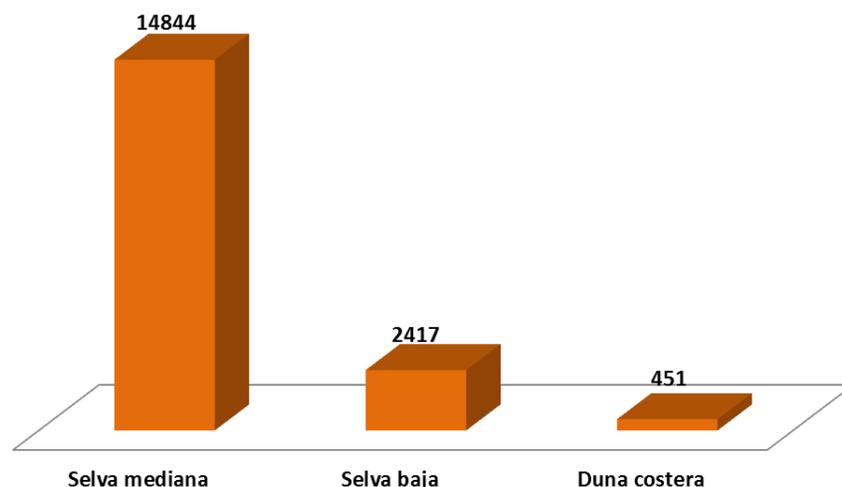


Figura 3. Abundancia absoluta de los ácaros oribátidos colectados en tres diferentes sitios: SM=selva mediana, SB=selva baja y DC=duna costera.

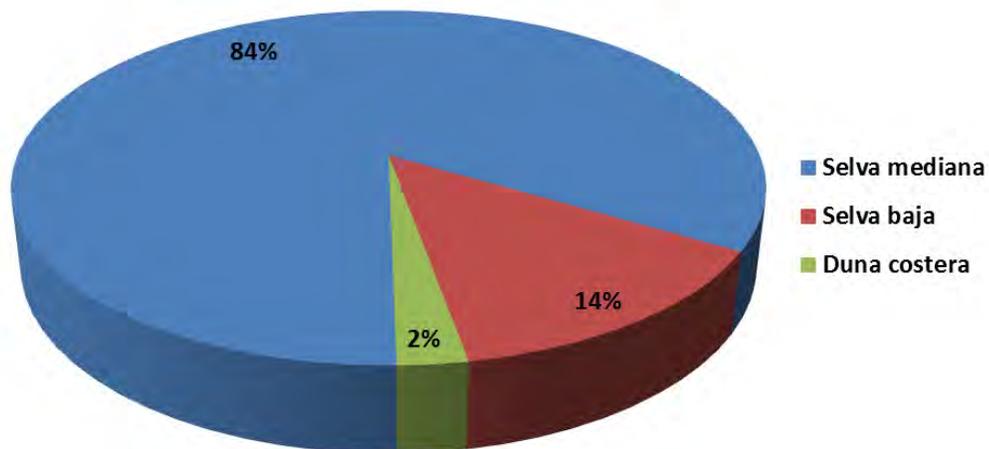


Figura 4. Abundancia relativa de los ácaros oribátidos colectados en tres diferentes sitios: SM=selva mediana, SB=selva baja y DC=duna costera.

Algunas familias se presentaron exclusivamente en la selva mediana, estas fueron: Sphaerochthoniidae, Nothridae, Trhypochthoniidae, Nanhermanniidae, Hermanniiellidae, Plasmobatidae, Gymnodamaeidae, Plateremaeidae, Charassobatidae, Microzetidae, Eremulidae, Dameolidae, Eremobelbidae, Liacaridae, Dampfiellidae, Zetorchestidae, Oribatulidae, Nasobatidae y Achipteriidae; en la selva baja no se encontraron familias exclusivas; y Phenopelopidae únicamente se encontró en la duna costera (Cuadro 2).

Las familias más representativas fueron Microtegeidae (3,677), Carabodidae (2,616), Haplozetidae (2,037), Damaeidae (1,146), Xylobatidae (938) y Ctenacaridae (905); mientras que las menos abundantes y que se pueden considerar como raras fueron Achipteriidae (1), Oribatulidae (2), Zetorchestidae (2), Phenopelopidae (5), Malaconothridae (7) y Mochlozetidae (9) (Cuadro 2).

Relación entre la riqueza y abundancia de los ácaros oribátidos edáficos y el contenido de materia orgánica en suelos de Cozumel, Quintana Roo

Cuadro 2. Distribución, abundancia absoluta y abundancia relativa de las familias de Oribátidos colectados en tres sitios de Cozumel: SM (Selva Mediana), SB (Selva Baja), DC (Duna Costera).

FAMILIA	SM	SB	DC	Total	% SM	% SB	% DC	Total %
Ctenacaridae	571	334	0	905	3.85	13.82	0.00	5.11
Protoplophoridae	114	1	0	115	0.77	0.04	0.00	0.65
Phthiracaridae	657	45	0	702	4.43	1.86	0.00	3.96
Euphthiracaridae	17	145	1	163	0.11	6.00	0.22	0.92
Hypochthoniidae	237	0	0	237	1.60	0.00	0.00	1.34
Sphaerochthoniidae	828	0	0	828	5.58	0.00	0.00	4.67
Cosmochthoniidae	12	10	0	22	0.08	0.41	0.00	0.12
Lohmanniidae	45	64	0	109	0.30	2.65	0.00	0.62
Nothridae	17	0	0	17	0.11	0.00	0.00	0.10
Trhypochthoniidae	290	0	0	290	1.95	0.00	0.00	1.64
Malaconothridae	4	3	0	7	0.03	0.12	0.00	0.04
Epilohmanniidae	53	88	0	141	0.36	3.64	0.00	0.80
Nanhermanniidae	241	0	0	241	1.62	0.00	0.00	1.36
Hermannieillidae	218	0	0	218	1.47	0.00	0.00	1.23
Plasmobatidae	175	0	0	175	1.18	0.00	0.00	0.99
Liodidae	157	31	405	593	1.06	1.28	89.80	3.35
Gymnodamaeidae	118	0	0	118	0.79	0.00	0.00	0.67
Plateremaeidae	18	0	0	18	0.12	0.00	0.00	0.10
Damaeidae	109	1037	0	1146	0.73	42.90	0.00	6.47
Microtegeidae	3419	258	0	3677	23.03	10.67	0.00	20.76
Charassobatidae	243	0	0	243	1.64	0.00	0.00	1.37
Microzetidae	331	0	0	331	2.23	0.00	0.00	1.87
Eremaeozetidae	15	16	0	31	0.10	0.66	0.00	0.18
Eremulidae	236	0	0	236	1.59	0.00	0.00	1.33
Damaeolidae	202	0	0	202	1.36	0.00	0.00	1.14
Eremobelbidae	68	0	0	68	0.46	0.00	0.00	0.38
Liacaridae	118	0	0	118	0.79	0.00	0.00	0.67
Astegistidae	244	77	0	321	1.64	3.19	0.00	1.81
Carabodidae	2587	21	8	2616	17.43	0.87	1.77	14.77
Dampfiellidae	75	0	0	75	0.51	0.00	0.00	0.42
Zetorchestidae	2	0	0	2	0.01	0.00	0.00	0.01
Mochlozetidae	2	3	4	9	0.01	0.12	0.89	0.05
Xylobatidae	894	40	4	938	6.02	1.65	0.89	5.30
Protoribatidae	33	3	0	36	0.22	0.12	0.00	0.20
Oribatulidae	2	0	0	2	0.01	0.00	0.00	0.01
Haplozetidae	1975	57	5	2037	13.31	2.36	1.11	11.50
Nasobatidae	15	0	0	15	0.10	0.00	0.00	0.08
Scheloribatidae	28	86	11	125	0.19	3.56	2.44	0.71
Oripodidae	17	1	0	18	0.11	0.04	0.00	0.10
Phenopelopidae	0	0	5	5	0.00	0.00	1.11	0.03
Oribatellidae	379	4	0	383	2.55	0.17	0.00	2.16
Achipteriidae	1	0	0	1	0.01	0.00	0.00	0.01
Galumnidae	77	93	8	178	0.52	3.85	1.77	1.00
Total	14844	2417	451	17712	100	100	100	100

Las colectas se realizaron en dos muestreos puntuales en el mes de abril durante el periodo de sequía y en el mes de julio durante el periodo de lluvias del año 2011. En la Fig. 5 se observa que la mayor abundancia en ambos meses se registra para la selva mediana, y la menor abundancia se registra para la duna costera.

La mayor abundancia de organismos para la selva mediana se observó en el mes de abril (temporada de sequía) con 11,073, mientras que en el mes de julio (temporada de lluvias) se registraron 3,771 representantes. En la selva baja se obtuvo la mayor abundancia en el mes de julio con 2,064 y en abril se registraron 353 ejemplares. En la duna costera la mayor abundancia se presentó en abril con 362 individuos y en tanto que en julio se registraron 89 organismos (Fig. 5).

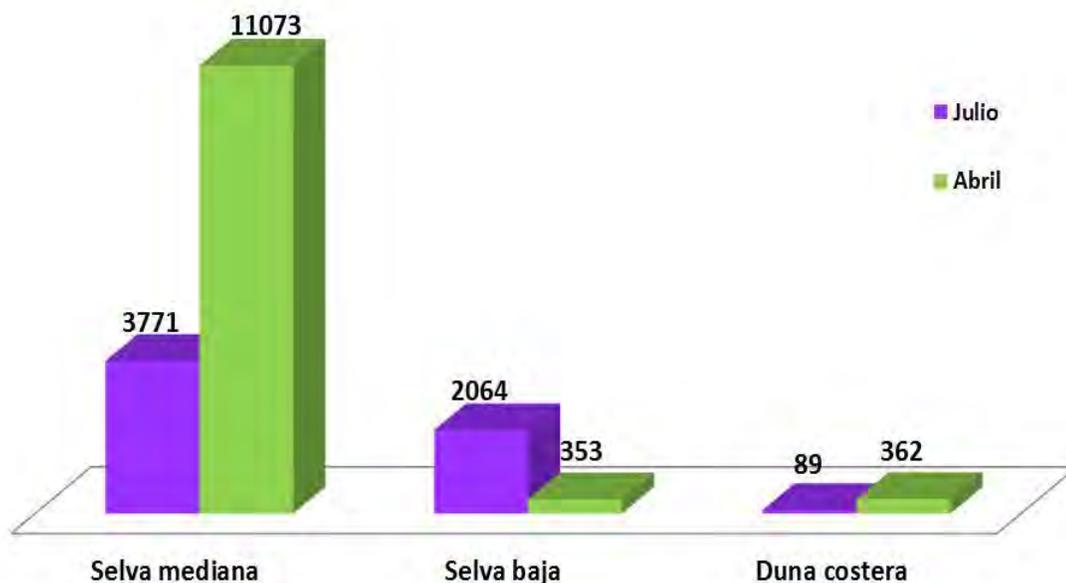


Figura 5. Abundancia absoluta de ácaros oribátidos recolectados durante dos meses en tres sitios: selva mediana, selva baja y dunas costeras.

Las familias de ácaros oribátidos se distribuyeron de la siguiente manera según el cuadro 3: de las 43 familias registradas en los tres sitios: selva mediana, selva baja y duna costera; durante los dos meses muestreados, 41 familias se encontraron presentes en el área de la selva mediana durante el mes de abril, mientras que en el mes de julio en la selva mediana se registraron 35 familias; en la selva baja en abril se obtuvieron 18 familias y en julio en la selva baja se tuvieron 19; para el sitio de la duna costera se recolectaron 9 familias en abril, mientras que en julio se registraron 6 familias.

Cuadro 3. Distribución de las familias de los ácaros oribátidos y su abundancia absoluta en tres sitios: selva mediana, selva baja y duna costera, correspondientes a dos meses del año.

Familia	Selva Mediana		Selva Baja		Duna Costera		Total
	Abril	Julio	Abril	Julio	Abril	Julio	
Ctenacaridae	537	34	1	333	0	0	905
Protoplophoridae	11	103	0	1	0	0	115
Phthiracaridae	245	412	3	42	0	0	702
Euphthiracaridae	11	6	10	135	1	0	163
Hypochthoniidae	38	199	0	0	0	0	237
Sphaerochthoniidae	800	28	0	0	0	0	828
Cosmochthoniidae	9	3	1	9	0	0	22
Lohmanniidae	41	4	28	36	0	0	109
Nothridae	7	10	0	0	0	0	17
Trhypochthoniidae	216	74	0	0	0	0	290
Malaconothridae	2	2	0	3	0	0	7
Epilohmanniidae	52	1	0	88	0	0	141
Nanhermanniidae	1	240	0	0	0	0	241
Hermanniiellidae	202	16	0	0	0	0	218
Plasmobatidae	175	0	0	0	0	0	175
Liodidae	126	31	16	15	329	76	593
Gymnodamaeidae	104	14	0	0	0	0	118
Plateremaeidae	18	0	0	0	0	0	18
Damaeidae	107	2	228	809	0	0	1146
Microtegeidae	2173	1246	1	257	0	0	3677
Charassobatidae	191	52	0	0	0	0	243
Microzetidae	267	64	0	0	0	0	331
Eremaeozetidae	10	5	2	14	0	0	31
Eremulidae	213	23	0	0	0	0	236
Damaeolidae	201	1	0	0	0	0	202
Eremobelbidae	33	35	0	0	0	0	68
Liacaridae	116	2	0	0	0	0	118
Astegistidae	130	114	28	49	0	0	321
Carabodidae	2125	462	4	17	8	0	2616
Dampfiellidae	71	4	0	0	0	0	75
Zetorchestidae	2	0	0	0	0	0	2
Mochlozetidae	2	0	3	0	3	1	9
Xylobatidae	783	111	7	33	2	2	938
Protoribatidae	33	0	3	0	0	0	36
Oribatulidae	2	0	0	0	0	0	2
Haplozetidae	1525	450	10	47	3	2	2037
Nasobatidae	15	0	0	0	0	0	15
Schelorbitidae	24	4	1	85	11	0	125
Oripodidae	16	1	0	1	0	0	18
Phenopelopidae	0	0	0	0	4	1	5
Oribatellidae	376	3	4	0	0	0	383
Achipteriidae	0	1	0	0	0	0	1
Galumnidae	63	14	3	90	1	7	178

En la selva mediana las familias más abundantes en abril fueron: Microtegeidae con 3,419 ejemplares, Carabodidae con 2,587, Haplozetidae con 1,975 y Sphaerochthoniidae con 800; y las que presentaron menor abundancia fueron: Nanhermanniidae con 1 ejemplar, Malaconothridae con 2, Zetorchestidae con 2, Mochlozeridae con 2 y Oribatulidae con 2 (Fig. 6).

En julio en la selva mediana las familias más abundantes fueron: Microtegeidae con 1,246 ejemplares, Carabodidae con 462, Haplozetidae con 450 y Phthiracaridae con 412. Las familias que presentaron menor abundancia fueron: Epilohmanniidae con 1 ejemplar, Damaeolidae con 1, Oripodidae con 1, Achipteriidae con 1, Malaconothridae con 2, Damaeidae con 2 y Liacaridae con 2 (Fig. 6).

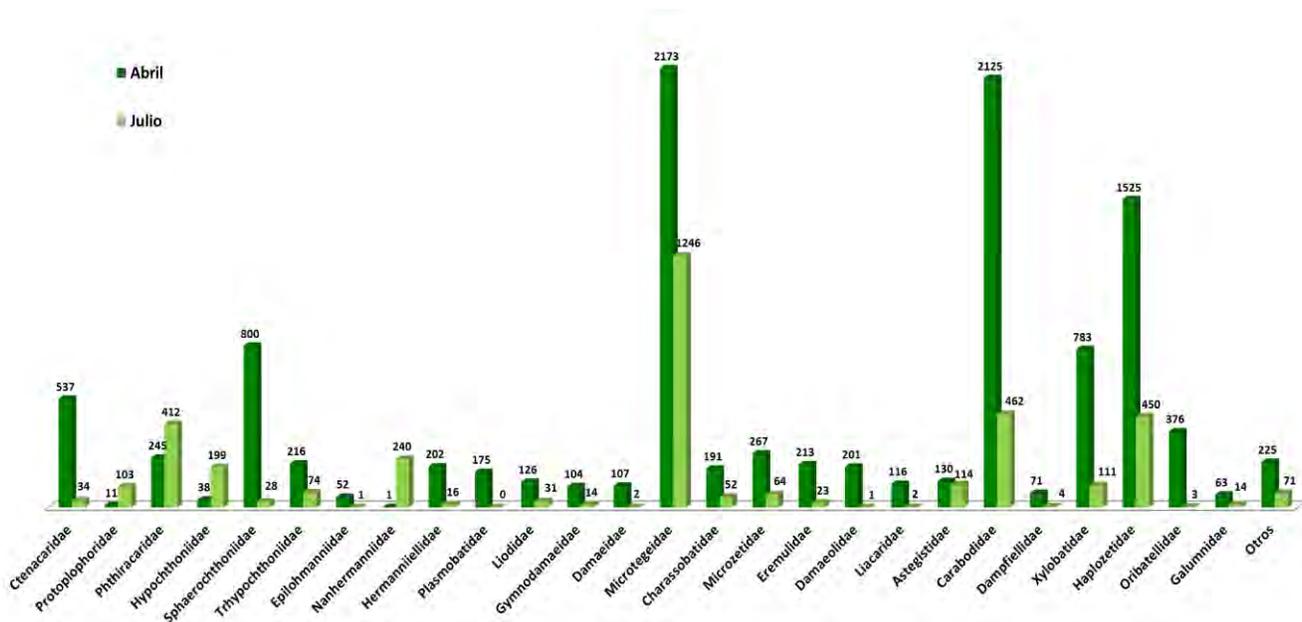


Figura 6. Abundancia absoluta de las familias de ácaros oribátidos en la selva mediana colectadas en el mes de abril y en mes de julio del año 2011.

En la selva baja las familias más abundantes en abril fueron: Damaeidae con 228 ejemplares, Lohmanniidae con 28 y Astegistidae con 28. Las familias con menor abundancia en abril en la selva baja fueron: Ctenacaridae con 1 ejemplar, Cosmochthoniidae con 1, Microtegeidae con 1, Scheloribatidae con 1 y Eremaeozetidae con 2 (Fig. 7).

En la selva baja durante julio las familias con mayor abundancia fueron: Damaeidae con 809 ejemplares, Ctenacaridae con 333, Microtegeidae con 257 y Euphthiracaridae con 135. Las familias que presentaron la menor abundancia en julio en la selva baja fueron: Protoplophoridae con 1 ejemplar, Oripodidae con 1, Malaconothridae con 3 y Cosmochthoniidae con 9 (Fig. 7).

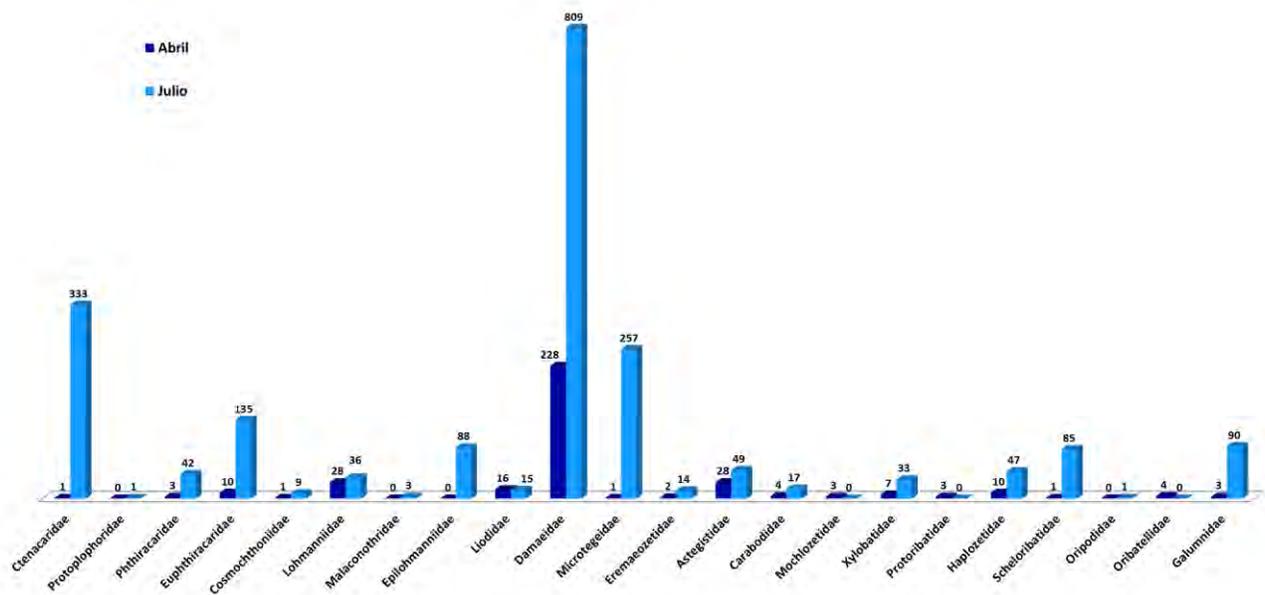


Figura 7. Abundancia absoluta de las familias de ácaros oribátidos en la selva baja colectadas en el mes de abril y en el mes de julio del año 2011.

En la duna costera durante el mes de abril la mayor abundancia se observó para las familias: Liodidae con 329 ejemplares, Scheloribatidae con 11 y Carabodidae con 8. En este mismo mes la menor abundancia se registró para las familias: Euphthiracaaridae (1 ejemplar), Galumnidae (1) y Xyllobatidae (2; Fig. 8).

En el mes de julio en la duna costera se observó la mayor abundancia en la familia Liodidae con 76 organismos. La menor abundancia se registró en las familias: Mochlozetidae con 1 ejemplar, Phenopelopidae con 1, Xyllobatidae con 2 y Haplozetidae con 2 (Fig. 8).

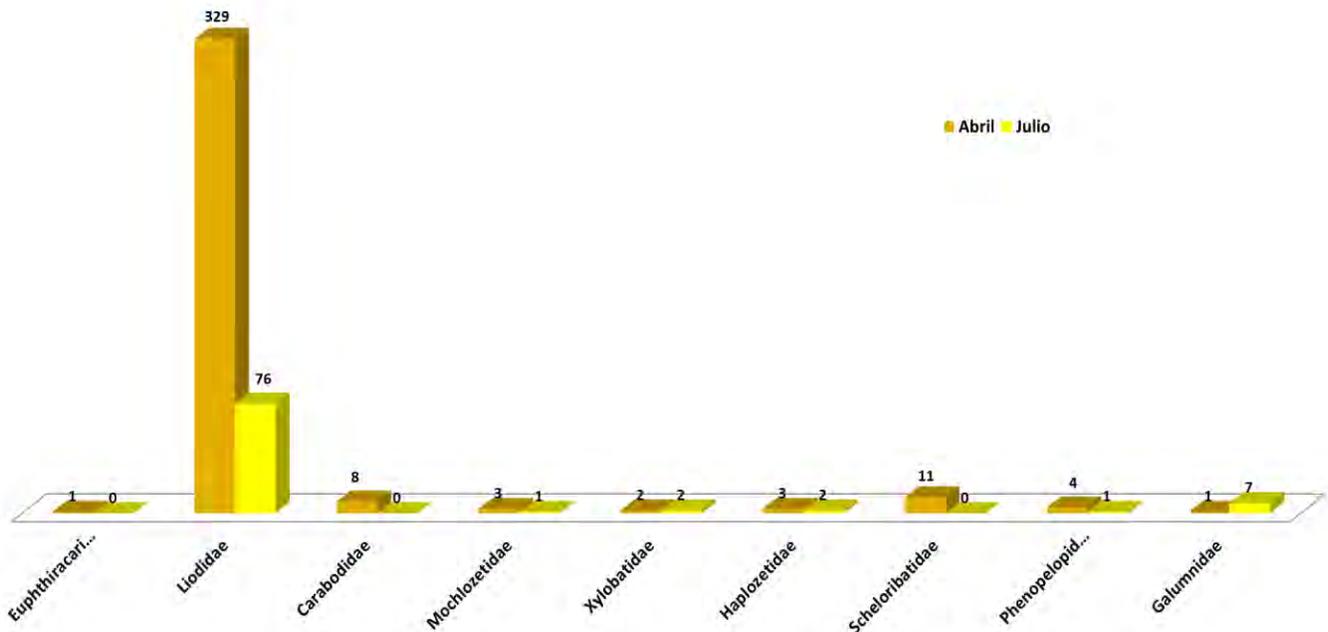


Figura 8. Abundancia absoluta de las familias de ácaros oribátidos en la duna costera colectadas en el mes de abril y en el mes de julio del año 2011.

El análisis de varianza ($F_{2,54} = 18.94$; $p < 0.05$) comprobó que se tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la abundancia de los ácaros oribátidos determinado por la variación espacial, con un nivel de confianza de 95% (Fig. 9). En cuanto a la variación temporal, el análisis de varianza indicó que no existe una diferencia estadísticamente significativa de las abundancias entre los meses muestreados $F_{1,58} = 1.33$; $p = 0.25$.

En el mes de abril se presentaron variaciones en la abundancia de las familias entre la selva mediana vs selva baja, y entre la selva mediana y duna costera, mientras que la selva baja vs duna costera no presentaron variación significativa, es decir, presentan una abundancia homogénea (350- 370 individuos). En el mes de julio las variaciones se mostraron en la selva mediana vs duna costera, y en la selva baja vs duna costera; en este mes la selva mediana vs selva baja no presentaron variación significativa (Fig. 9).

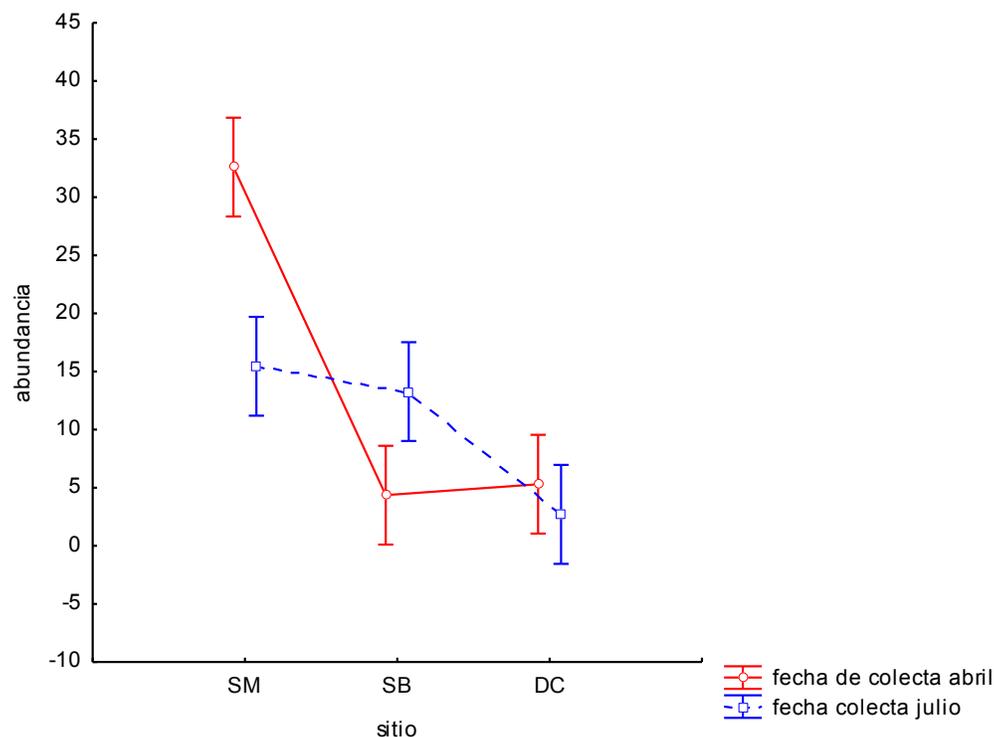


Figura 9. Análisis de la variancia de la abundancia de los ácaros oribátidos colectados entre los meses de abril y julio en la selva mediana (SM), selva baja (SB) y duna costera (DC).

6.2 Diversidad de ácaros oribátidos

6.2.1 Diversidad general

Se calculó la diversidad de Shannon-Wiener (H'), la equitatividad de Pielou (J') y la dominancia de Simpson (λ). El valor más alto de diversidad $H'= 3.84$, se registró en la selva mediana debido a que cuenta con la mayor riqueza de familias y además, presentó el valor más alto de equitatividad $J'= 0.71$ y el valor más bajo de dominancia $\lambda= 0.12$. El menor índice de diversidad $H'= 0.76$ se registró en la duna costera que es el sitio con el menor número de familias y con un valor de equitatividad bajo $J'= 0.24$, por lo tanto presenta el valor de dominancia más alto $\lambda= 0.81$, ya que la abundancia está determinada por una sola familia. Por último, la selva baja mostró valores intermedios de diversidad $H'= 2.94$, de equitatividad $J'= 0.66$ y de dominancia $\lambda= 0.23$ (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de los índices estadísticos: Diversidad de Shannon-Wiener (H'), Equitatividad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (λ) en los tres sitios.

	Selva Mediana	Selva Baja	Duna Costera
H'	3.84	2.94	0.76
J'	0.71	0.66	0.24
λ	0.12	0.23	0.81

6.2.2 Diversidad en abril y en julio

El análisis estadístico reveló que el valor más alto del índice de diversidad de Shannon-Wiener en la selva mediana es en el mes de abril $H' = 3.81$, así como el valor más alto en el índice de equitatividad de Pielou $J' = 0.71$, estos valores se presentan porque ese sitio en ese mes tuvo la mayor riqueza de familias. Mientras que los valores de diversidad y de equitatividad menor se obtuvieron en la duna costera durante el mes de abril con $H' = 0.6$ y $J' = 0.21$.

El índice de dominancia de Simpson está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988). En el mes de abril en el área muestreada de la duna costera se presentó la mayor dominancia ($\lambda = 0.83$), siendo la familia Liodidae la más abundante (Cuadro 3) y la selva mediana en ese mismo mes demostró la menor dominancia debido a que es el mes con la mayor uniformidad o equidad (Cuadro 5). Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad (Moreno, 2001).

Cuadro 5. 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 julio en los tres sitios.

	Selva mediana		Selva baja		Duna costera	
	Abril	Julio	Abril	Julio	Abril	Julio
H'	3.81	3.33	2.11	2.95	0.67	0.87
J'	0.71	0.65	0.51	0.69	0.21	0.34
λ	0.11	0.16	0.43	0.21	0.83	0.74

6.3 Prueba t de Student

Se realizó de manera general la prueba t de Student entre los tres sitios para comparar los índices de diversidad de Shannon-Wiener. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las combinaciones posibles (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener mediante la Prueba de t de Student para los tres sitios muestreados, utilizando la corrección de Bonferroni ($\alpha=0.05/3=0.01$). *= $p<0.01$, significativo.

	Selva mediana	Selva baja	Duna costera
Selva mediana		$t_{(3218)}=23.01 *$	$t_{(477)}=35.69 *$
Selva baja			$t_{(627)}=23.55*$
Duna costera			

6.3.1 Comparación de la prueba *t*-student en abril y en julio

Al realizar los análisis de los índices de diversidad con la prueba *t*-student, se mostraron diferencias significativas en todas las combinaciones posibles, a excepción de la comparación realizada entre la duna costera en el mes de abril y la duna costera en el mes de julio $t(142) = 0.89$, $p < 0.0025$ (Cuadro 7).

Cuadro 7. Comparación de los índices de diversidad de Shannon-Wiener mediante la Prueba de *t* de Student, utilizando la corrección de Bonferroni ($\alpha = 0.05/15 = 0.003$). $p < 0.0025$, * = significativo, ns = no significativo.

		Selva mediana		Selva baja		Duna costera	
		Abril	Julio	Abril	Julio	Abril	Julio
Selva mediana	Abril		$t_{(6345)} = 14.6^*$	$t_{(367)} = 14.8^*$	$t_{(2920)} = 21.6^*$	$t_{(385)} = 34^*$	$t_{(91)} = 17^*$
	Julio			$t_{(397)} = 10.5^*$	$t_{(4432)} = 8.3^*$	$t_{(436)} = 28^*$	$t_{(94)} = 14.1^*$
Selva baja	Abril				$t^{(427)} = 7.14^*$	$t_{(675)} = 9.65^*$	$t_{(176)} = 5.96$
	Julio					$t_{(486)} = 23.3^*$	$t_{(97)} = 11.9^*$
Duna costera	Abril						$t_{(142)} = 0.89$ ns
	Julio						

6.4 Similitud de Sørensen

El índice de similitud de Sørensen expresa el grado en el que dos sitios son semejantes por las familias presentes en ellas (Moreno, 2001), de esta manera, según los valores del índice de similitud por sitio, la selva mediana vs selva baja

son similares en un 69%, ya que comparten el mayor número de familias. Por otro lado la selva mediana vs la duna costera son los sitios que comparten menor número de familias, presentando un índice de similitud de 31% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Comparación del índice de similitud de Sørensen por sitio.

Sitios	Índice de similitud
SM/SB	0.69
SM/DC	0.31
SB/DC	0.52

6.4.1 Similitud de Sørensen en abril y en julio

Al realizar el índice de similitud entre los diferentes sitios y los meses de colecta, se observó que los sitios que comparten más familias es el de la selva mediana en ambos meses con 88%, seguido de la duna costera en ambos meses con el 80%, en cambio se aprecia claramente que los sitios que no muestran una estrecha relación de familias entre ellos es las selva mediana en julio vs duna costera en julio (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación del índice de similitud de Sørensen por sitio y por mes.

		Selva mediana		Selva baja		Duna costera	
		abril	julio	abril	julio	abril	julio
Selva mediana	abril						
	julio	0.88					
Selva baja	abril	0.60	0.56				
	julio	0.62	0.70	0.73			
Duna costera	abril	0.32	0.27	0.59	0.50		
	julio	0.21	0.20	0.36	0.32	0.80	

6.5 Análisis edafológicos

6.5.1 Análisis edafológicos generales

Las características generales de acuerdo a los resultados de los análisis de suelos realizados en los tres diferentes sitios de estudio, y de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 021-RECNAT-2000, se determinó que los suelos de la Selva Mediana son neutros con un valor del potencial de Hidrógeno (pH) de 6.7, mientras que los suelos de la Selva Baja y los de la Duna Costera son medianamente alcalinos. El valor de humedad más alto registrado fue en la Selva mediana con 52.40%, y el más bajo se registró en la Duna Costera con 3.25%. En cuanto a la materia orgánica, el valor más alto se presenta en la selva mediana con un valor de

34.50% (Cuadro 10), lo que nos indica un contenido de materia orgánica muy alto considerando los valores de referencia de la NOM-021-RECNAT 2000; para la selva baja se observó un 2.80% de contenido de materia orgánica, que es un valor medio; mientras que en las dunas costeras se obtuvo el valor más bajo con un valor de 0.70%. La temperatura del suelo más alta se registró en la duna costera con un promedio de 38.4°C, en la selva baja se registro una temperatura con valor promedio de 31.9°C, y la temperatura más baja se obtuvo en la selva mediana con un valor promedio de 24.8°C. En cuanto a la salinidad la Selva Baja es el sitio que presenta el valor más alto de 5.5, es decir que es un suelo salino, mientras que la selva mediana y la duna costera presentan valores que demuestran efectos despreciables de salinidad con 0.85 y 0.15 respectivamente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados de los análisis físico- químicos de los suelos de los tres sitios.

PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS	SELVA MEDIANA	SELVA BAJA	DUNA COSTERA
pH	6.70	7.85	7.90
% Humedad	52.40	32.40	3.25
% Materia orgánica	34.50	2.80	0.70
Temperatura °C	24.80	31.90	38.40
Salinidad	0.85	5.50	0.15
Color	CAFÉ MUY OSCURO	LIGERAMENTE GRIS	CAFÉ GRISOSO
Textura	ARENOSO FRANCO	ARENA	ARENA

6.5.2 Análisis edafológicos en abril y en julio

Los análisis edafológicos mostraron que la selva mediana tiene un pH neutro en ambos meses y por otra parte la selva baja y la duna costera presentaron pH alcalino para ambos meses. El valor de humedad más alto se registró en el mes de julio en la selva baja, y el valor menor se obtuvo en la duna costera en el mes de abril. Respecto al porcentaje de materia orgánica el valor más alto se notó en la selva mediana en abril, mientras que para la duna costera en el mes de julio se observó el valor más bajo. La temperatura más elevada se registró para la duna costera en el mes de julio, mientras que la temperatura más baja estuvo en la selva mediana en el mes de julio. El sitio más salino se registró en abril en la selva baja, y el sitio menos salino fue la duna costera en el mes de julio (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados de los análisis físico- químicos de los suelos de los tres sitios en los meses de abril y julio.

PROPIEDADES FISICO-QUÍMICAS	SELVA MEDIANA		SELVA BAJA		DUNA COSTERA	
	abril	julio	abril	julio	abril	julio
pH	6.60	6.84	7.80	7.96	7.99	7.96
% Humedad	31.23	52.40	21.82	32.40	0.76	3.25
% Materia orgánica	35.87	33.21	2.99	2.80	0.92	0.59
Temperatura °C	29.02	20.60	30.45	33.30	37.05	39.75
Salinidad	0.81	0.95	7.62	3.52	0.24	0.16

6.6 Regresiones lineales simples

6.6.1 Correlaciones generales de los análisis edafológicos y la abundancia de los ácaros oribátidos.

Las regresiones lineales simples se realizaron con el programa STATISTICA versión 8.0 (Statsoft, 2007) para determinar si hay una relación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y los parámetros físico-químicos del suelo analizados, que son: temperatura, humedad, pH, salinidad y materia orgánica.

Se determinó que existe una relación lineal positiva entre la abundancia de los ácaros oribátidos y el contenido de materia orgánica, siendo $r_{59}=0.7053$; $p<0.05$, que nos indica que esas variables están estrechamente relacionadas con un nivel de confiabilidad del 95%. Esta relación se puede interpretar de la siguiente manera “a mayor contenido de materia orgánica mayor será la abundancia de los ácaros oribátidos” (Fig. 10).

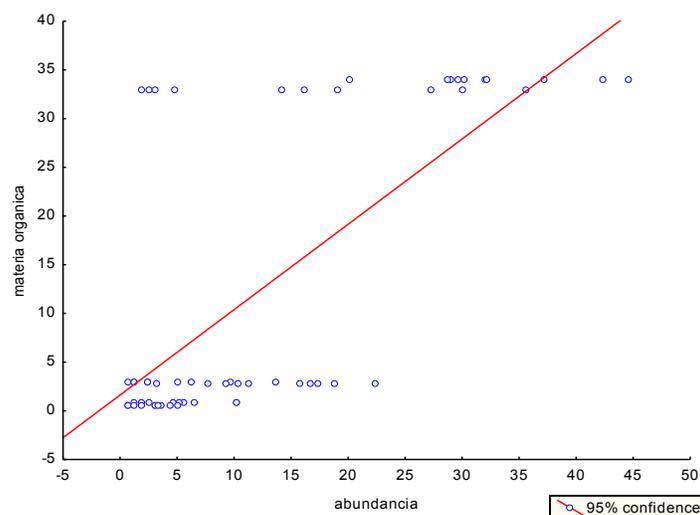


Figura 10. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y el contenido de materia orgánica en los tres sitios.

Por otro lado el pH mostró una tendencia negativa respecto a la abundancia $r_{59} = -0.7117$; $p < 0.05$, lo que se interpreta que “a un valor menor de pH mayor abundancia de ácaros oribátidos habrá” (Fig. 11).

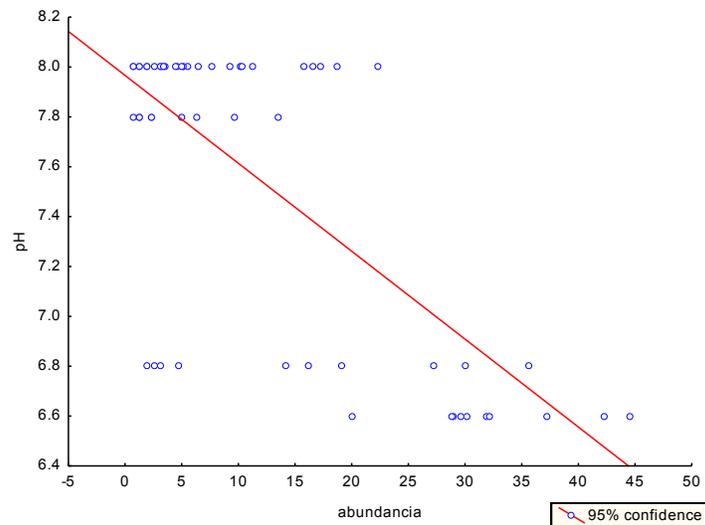


Figura 11. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y el pH en los tres sitios.

En lo que respecta a la temperatura (Fig. 12) la tendencia de la relación entre este parámetro y la abundancia de los ácaros oribátidos es negativa ($r_{59} = -0.4322$; $p < 0.05$) tiene una relación lineal inversa; es decir que a menor temperatura mayor abundancia y a mayor temperatura menor abundancia.

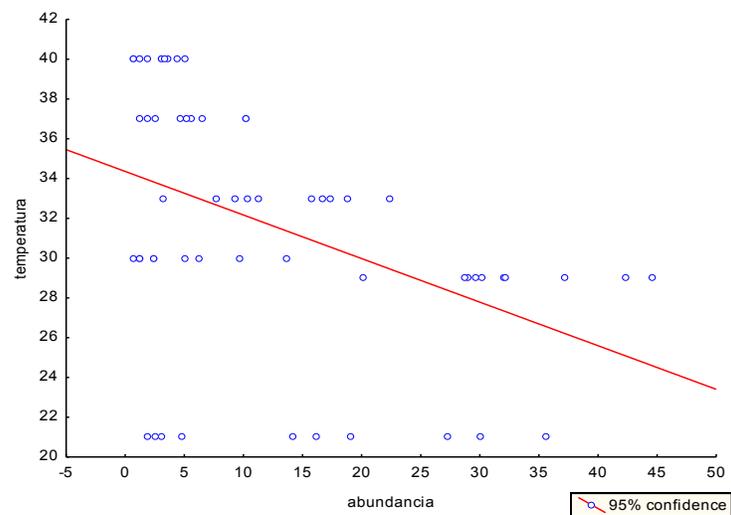


Figura 12. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y la temperatura en los tres sitios.

En el caso de la humedad, la tendencia es positiva $r_{59}=0.48265$; $p<0.05$, tal tendencia se puede interpretar a mayor humedad mayor abundancia de ácaros oribátidos (Fig. 13).

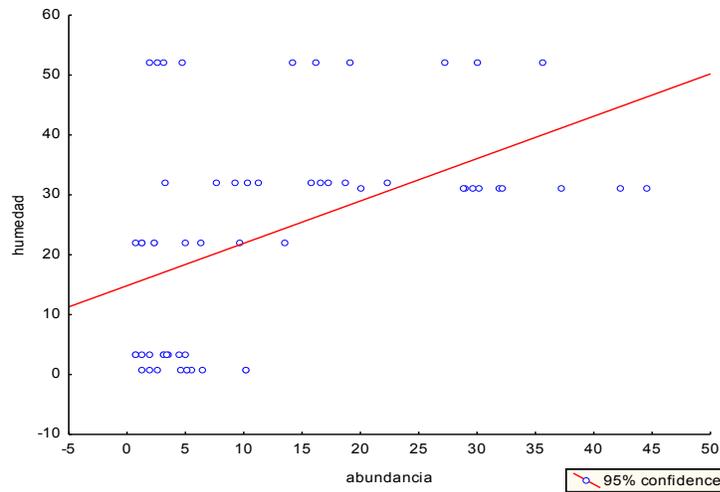


Figura 13. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y la humedad en los tres sitios.

Por último, la conductividad eléctrica (salinidad) muestra una ligera tendencia negativa de $r_{59}=-0.2129$; $p<0.05$, es decir, no tiene efecto significativo sobre abundancia (Fig. 14).

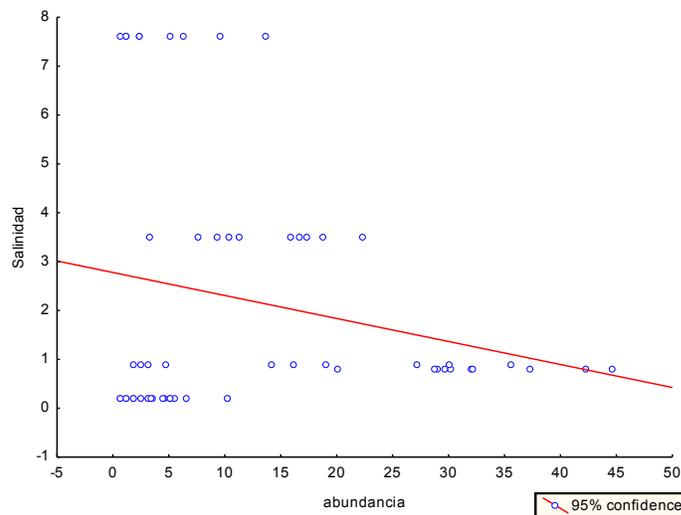


Figura 14. Correlación entre la abundancia de los ácaros oribátidos y la salinidad en los tres sitios.

Para comprobar si efectivamente las variaciones de abundancia están relacionada a los parámetros físico-químicos medidos, se aplicó un análisis de componentes principales entre las familias de ácaros oribátidos y las propiedades físico-químicas (Fig. 15), que mostró que los dos primeros ejes explican el 94.3% de la variabilidad en la abundancia de las familias de ácaros, se consideraron las familias que tenían arriba de 20 individuos. El primero de los ejes está altamente relacionado con el pH y el % de materia orgánica (MO), mientras que el segundo está relacionado con la conductividad eléctrica (salinidad, CE) y el % de Humedad. Las familias de Microtegeidae, Eremulidae, Xylobatidae, Charassobatidae, Haplozetidae, Trhypochthoniidae, Ctenacaridae, Protoplophoridae, Phthiracaridae, Euphthiracaridae, Hypochthoniidae, Sphaerochthoniidae, Nanhermanniidae, Hermanniellidae, Plasmobatidae, Liodidae, Gymnodamaeidae, Damaeidae, Microzetidae, Eremaezetidae, Dameolidae, Liacaridae, Astegistidae, Carabodidae, Dampfielidae, Mochlozetidae, Xylobatidae, Protoribatidae, Oribatelidae están más relacionadas con la MO, mientras que Scheloribatidae, Galumnidae, Epilohmanniidae, Eremobelbidae y Lohmanidae, están más relacionadas con los valores de salinidad y humedad.

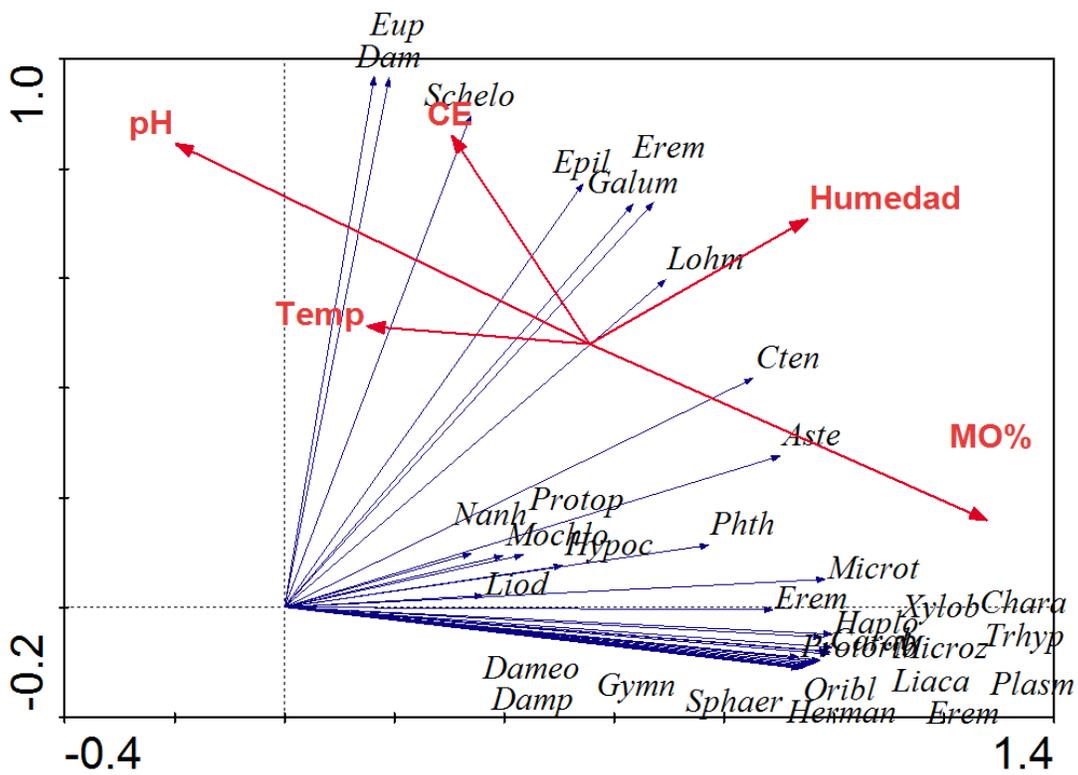


Figura 15. Análisis de Componentes Principales entre las familias de ácaros oribátidos y las propiedades físico- químicas del suelo

7. DISCUSIÓN

7.1 Riqueza y abundancia de los ácaros oribátidos

Los ácaros oribátidos constituyen un grupo cosmopolita de microartrópodos edáficos de los más importantes, tanto por su abundancia como por su riqueza y biodiversidad en tipo de suelos, hasta en los más adversos, así como por su diversidad (Subías, 2004).

En México se reportan un total de 104 familias (Palacios-Vargas e Iglesias, 2004), de las cuales en el Estado de Quintana Roo se registran 62 (Vázquez, 2006), siendo este el Estado de la República Mexicana de donde se tienen más registros para el país. En el presente estudio sobre la riqueza y Biodiversidad de la oribatofauna edáfica de la isla de Cozumel se determinaron 43 familias de ácaros oribátidos, dato que representa el 69 % de lo reportado para el estado. Este estudio coincide con los resultados en cuanto al número de familias encontradas en el estudio “Ácaros oribátidos de hábitats forestales en el norte de Venezuela” realizado por Behan-Pelletier *et al* (1993) en el que el total de familias reportadas fue de 43. Por otro lado la riqueza de familias supera los valores encontrados por Prieto y Schatz (2004) para la isla de Cuba, en donde se registraron 39 familias, sin embargo, es inferior al valor encontrado por Schatz (1998) en las Islas Galápagos, donde se registraron 64 familias de ácaros oribátidos.

En el “Estudio de la fauna edáfica en una Selva Baja inundable de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an, Quintana Roo” en 1999 realizado por Vázquez para la parte continental del estado de Quintana Roo, se reportaron 52 familias de ácaros oribátidos. De las 43 familias encontradas en el presente trabajo 36 familias coinciden con otras reportadas en dicho estudio, lo que demuestra cierta similitud con la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an, mientras que 7 familias se registran por ahora sólo para Cozumel que son: Astegistidae, Zetorchestidae, Xylobatidae, Protoribatidae, Oribatulidae, Phenopelopidae y Achipteriidae. Sin embargo, a pesar de la similitud entre las familias registradas para Cozumel y Sian Ka’an, en Quintana Roo, hay nuevos registros y muchas especies no reportadas que pueden estar incluidas dentro de estas familias.

El estudio realizado para Cozumel muestra diferencias significativas en cuanto a la riqueza específica y la abundancia en los tres diferentes ecosistemas en donde se llevó a cabo: selva mediana, selva baja y duna costera en la Isla de Cozumel, ya que el número de familias encontradas varía de forma considerable de un sitio a otro, principalmente entre la selva mediana (42) y la duna costera (9), y entre la selva baja (22) y la duna costera (9). Entre estos tres sitios es el ecosistema de la selva baja que presentó un valor intermedio por el número de familias y la abundancia de éstas. La selva mediana presenta la mayor abundancia y diversidad de familias. Mientras que en la duna costera se presentó la menor abundancia y la menor diversidad con solamente 9 familias presentes, siendo Liodidae la familia más abundante. Las condiciones propias del sitio dadas por los microambientes dentro del ecosistema favorecen a la presencia o ausencia de

ciertas familias, mientras que algunas variables ambientales favorecen a algunos organismos otros factores influyen en otros. El caso de la variabilidad espacial ha sido estudiado entre diferentes ecosistemas para ver si efectivamente existe este cambio en la estructura y composición de los ácaros oribátidos de un lugar a otro; por ejemplo en el estudio efectuado por Marín (2006) en un agroecosistema cafetalero en la sierra sur de Oaxaca, Mexico, determinó que efectivamente las condiciones de un acahual influyen positivamente en la abundancia y riqueza de los organismos estudiados, mientras que el sitio de cafetal no presenta características que promuevan la riqueza y la abundancia de la fauna ya que es muy evidente la disminución de ácaros oribátidos. En otro trabajo efectuado por Socarrás *et al* (2004) en La Habana Cuba, se determinó una variación en la mesofauna (ácaros oribatidos y colémbolos) en cuatro especies de pastos. La abundancia en los grupos estudiados está relacionada con la disponibilidad de alimento que el ecosistema les proporciona mediante la hojarasca. Otro estudio realizado en el año 2000 en Burgos, España, por Arroyo e Iturrondobeitia, determinó que existe una variación en la abundancia de las especies de ácaros oribátidos en función de la zona geográfica muestreada.

En la selva mediana de Cozumel las familias más abundantes fueron Microtegeidae con 3,419, Carabodidae con 2,587 y Haplozetidae con 1,975 organismos, mientras que en la selva baja las familias más abundantes fueron Damaeidae con 1,037 y Ctenacaridae con 334 organismos, mientras que en la duna costera la mayor abundancia se corresponde con una sola familia, Liodidae con 405 organismos.

En cuanto a la variación de la abundancia, estructura y composición de las familias estudiadas se observó que la temporalidad no es un factor que influya sobre los organismos y la abundancia, según se determinó en el análisis de varianza (ANOVA) de una vía, para evaluar el efecto de la temporalidad sobre la abundancia de los ácaros oribátidos. Puede deberse probablemente a que los muestreos se realizaron de manera puntual en dos fechas y no a lo largo de un periodo más largo. En el estudio de Arroyo e Iturrondobeitia en el año 2000, en el cual colectaron organismos en dos temporadas (primavera y otoño) destacaron la abundancia de la oribatofauna en función de la zona geográfica y no así del espacio temporal, encontrando que los resultados obtenidos de esas comunidades oribatológicas son estables a lo largo del año. Las características propias de los ácaros oribátidos que son un grupo de organismos de vida libre, que habitan en suelos y otros microhábitats y que presentan modificaciones tanto morfológicas como fisiológicas, como un cuerpo altamente esclerosado y quelíceros grandes y fuertes (Palacios e Iglesias, 2004), tasas metabólicas bajas, desarrollo lento y baja fecundidad (Crossley, 1977), son las que probablemente influyan en que el periodo de vida sea más prolongado que la de otros organismos del suelo.

7.2 Índices de diversidad de Shannon (H'), equitatividad de Pielou (J') y dominancia de Simpson (λ)

En cuanto a los índices estadísticos de diversidad de Shannon-Wiener, dominancia de Simpson y equitatividad de Pielou la selva mediana presentó el

mayor índice de diversidad $H'=3.84$ y el mayor índice de equitatividad $J'=0.71$, pero no así en el de dominancia, donde presentó el menor valor de los tres sitios $\lambda=0.12$, demostrando así que es una comunidad más homogénea que los otros sitios. En la duna costera los índices de diversidad $H'=0.76$ y de equitatividad $J'=0.24$ fueron los más bajos, mientras que el índice de dominancia $\lambda=0.81$ fue el valor más alto, debido a que una sola familia (Liodidae) tuvo la mayor abundancia, representando el 89.8% de la abundancia total del sitio. En la selva baja los valores fueron intermedios tanto el de diversidad $H'=2.94$, como el de equitatividad $J'=0.66$, sin embargo se acercaron más a los índices de la selva mediana que a los de la duna costera, es decir, la selva baja es menos diversa, menos equitativa y más dominante ($\lambda=0.23$) que la selva mediana, pero también es más diversa, más equitativa y menos dominante que la duna costera. Un estudio realizado por Moraza (2007) de ácaros Mesostigmata en un hayedo al sur de Europa registró valores globales de diversidad de Shannon de $H'=4.42$ y un valor de equitatividad de Pielou de $J'=0.82$, representando valores muy altos en ambos casos; si bien no pertenecen al grupo estudiado en este trabajo, cuando se comparan los valores con la comunidad de ácaros oribátidos de los tres sitios de Cozumel se demuestra que la comunidad de la oribatofauna es muy diversa, uniforme y estable, en la selva mediana, ya que se acerca a los valores estudiados por Moraza. Por otra parte en un estudio de la artropodofauna en una finca cafetalera al sur del estado de Oaxaca con énfasis en Cryptostigmata (ácaros oribátidos) y Collembola realizado por Bernal (2006) demostró que la diversidad presente de ácaros fue de $H'=2.58$, con un valor de equitatividad de $J'=0.66$, estos valores son más comparables a los valores obtenidos en la selva baja de Cozumel, debido

probablemente a las condiciones de las zonas en las que se enfoca que son: cafetal, acahual y bosque. Los valores de diversidad de Shannon $H=0.74$ y equitatividad $J'=0.57$ encontrados en un estudio en las dunas de un sistema costero en un área recreativa (playa) de menor impacto, de Miramar, Argentina en 2009 realizado por Fredes *et. al*, se corresponde a los valores de diversidad obtenidos en este estudio en la zona de las dunas costeras de Cozumel. Sin embargo, la equitatividad presenta una variación debido a la estructura de ambas comunidades de ácaros encontrados en ambos estudios, en esos sitios.

En el estudio “Estructura de la comunidad de Ácaros Mesostigmados (Acari: Mesostigmata) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México” realizado por Pérez (2012), en el periodo de marzo de 2008 a abril de 2009, en el cual se seleccionaron dos sitios con diferente grado de alteración, uno donde la cobertura vegetal fue mayor y otro a la orilla de un camino frecuentado por los visitantes. Se determinó que la diversidad fue mayor en el sitio donde existe mayor cobertura vegetal $H'=0.86$ y en el sitio con menor cobertura vegetal fue de $H'=0.76$, mientras que la mayor equitatividad $J'=0.76$ fue determinado por el sitio de mayor cobertura vegetal y la menor de $J'=0.66$ en el de menor cobertura. Los valores de diversidad de Shannon son más similares a los encontrados en la duna costera y los valores de equitatividad de Pielou son similares a los encontrados en selva mediana y la selva baja respectivamente (Cuadro 4).

Por otra parte en el estudio sobre la fauna de artrópodos en ecosistemas de manglar realizado en la Isla de Cozumel, por García *et al* (2013; en prensa) durante los fechas de abril 2011, septiembre 2011, noviembre 2011 y marzo 2012, se encontró que el grupo más abundante es el de ácaros oribátidos representado con 61.8%, los valores más altos de diversidad $H'=2.12$, equitatividad $J'=0.76$ en los artrópodos fueron encontrados en abril y el valor de dominancia fue de $\lambda=0.14$, en esta fecha se nota una mayor estabilidad en la composición de los artrópodos. Estos valores se corresponden claramente a los valores encontrados en la asociación de mangle y ciricote de la selva baja estudiada en Cozumel en el presente trabajo (Cuadro 4).

Todo esto se traduce en que existe una variación de la riqueza, equitatividad y dominancia entre los diferentes ecosistemas, debido a la combinación de factores ambientales, zona de estudio (variación espacial) y las características ecológicas de cada grupo o familias. Esta variación en este estudio se demuestra con el análisis de la prueba t de Student realizada, en la que se comparan los índices de diversidad de los tres sitios y en las que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las combinaciones posibles (Cuadro 8).

7.3 Abundancia e índice de similitud

La mayor abundancia se observó en la selva mediana y en la selva baja, estos sitios comparten una similitud de 69%, las diferencias significativas se encuentran

principalmente entre la selva mediana y la duna costera (Cuadro 6). Esto sucede generalmente cuando se comparan zonas de estudio con diferente cobertura vegetal, como se puede observar en el estudio de Pérez (2012) o se comparan zonas con diferente uso de suelo como el estudio realizado por Bernal (2006). Se puede observar que uno de los factores que más influyen en esta disimilitud es la aportación de nutrientes a través de la hojarasca, y en general al conjunto de variables estudiadas, temperatura, pH y conductividad eléctrica (salinidad) y algunas otras variables ambientales que no se estudiaron. En la selva mediana se ofrecen mejores condiciones para la presencia y estabilidad de la comunidad de ácaros oribátidos, mientras que en la duna costera la disponibilidad de alimento es menor y las condiciones dadas por ese ambiente son menos favorables para el establecimiento de comunidades mayores de ácaros oribátidos.

7.4 Análisis edafológicos

Existen una serie de factores que determinan no sólo las características del suelo, sino también la existencia y distribución de los organismos edáficos, como porosidad, humedad, volumen de aire, temperatura, pH, textura, cantidad y calidad de la materia orgánica, salinidad, etc. (Hoffman, 1996). En este trabajo se analizó la relación entre el contenido de materia orgánica y la abundancia de los ácaros oribátidos mostrando estos elementos tener un efecto positivo significativo. La materia orgánica ejerce un efecto sustancial sobre la abundancia de los organismos presentes en los tres sitios, selva mediana, selva baja y duna costera,

ya que se pone en evidencia lo ya descrito por diversos autores al señalar que la abundancia de estos organismos está relacionada con la disponibilidad de nutrientes que el ecosistema les proporciona mediante la entrada de energía a través de la hojarasca aportada por el medio (Socarrás *et al*, 2004; Arolfo *et al*, 2010; Hoffman, 1996). La mayor abundancia de organismos se registró en la selva mediana de donde se obtuvo un valor de materia orgánica muy alto igual a 34.50%, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana registros arriba del 6% de materia orgánica en suelos no volcánicos es muy alto. Se registró un valor de 2.80% de materia orgánica en la selva baja y el menor valor se obtuvo en la duna costera con 0.70%. En el estudio de la Acarofauna edáfica con énfasis en ácaros oribátidos de un agroecosistema cafetalero en la sierra sur de Oaxaca, México, realizado por Marín (2006), determinó el valor más alto de porcentaje de materia orgánica de 7.6% en un cafetal y el más bajo de 0.70% también en un cafetal y las cuales coinciden con la disminución de organismos en este sitio. El valor más bajo se puede comparar con el valor obtenido en la duna costera en Cozumel. De igual manera se observó una relación positiva entre la materia orgánica y la abundancia de ácaros del suelo, en el estudio realizado en Córdoba, Argentina, (2010) por Arolfo *et al* para saber qué efectos tienen los cultivos de soja transgénica sobre la taxocenosis de ácaros edáficos, para lo cual se consideró un sitio natural y un sitio de siembra de soja, para compararlos entre sí, el valor más alto de contenido de materia orgánica, se encontró en el sitio natural, el valor fue de 3.70% y el valor menor se obtuvo en el sitio de siembra de soja el valor fue 2.49%, se observó una asociación positiva entre la abundancia de Oribátida y

Mesostigmata y la materia orgánica. La abundancia de individuos fue mayor donde se presentó mayor contenido de materia orgánica.

De igual manera se realizó la correlación entre el pH y la abundancia de los ácaros oribátidos, encontrándose una relación estadísticamente significativa negativa (Fig. 10) que expresa que a mayor pH, menor abundancia de organismos; para la selva mediana se tuvo un valor de 6.70, siendo ligeramente ácido, que fue el valor más bajo de pH, en este mismo sitio se registró la mayor abundancia, esto probablemente se debe a que este sitio también presenta la mayor humedad y el mayor contenido de materia orgánica, lo que favorece el proceso de descomposición y por lo tanto la liberación de ácidos húmicos (Larochelle *et al*, 1998); los nutrientes están más disponibles en los rangos cercanos a la neutralidad. La presencia de materia orgánica u otras fuentes reductoras, exceso de humedad así como la presencia de organismos, contribuyen a la reducción de pH (Zapata, 2004). En el caso de la duna costera el valor de pH fue de 7.90 siendo este el sitio con menor abundancia. Contrario a esto en el estudio realizado por Bernal (2006) en una finca cafetalera se determinó que, para el caso de los Cryptostigmata, se encontró una relación nula con esta variable, mostrando así que el pH no tiene ningún efecto en la abundancia de estos organismos. El estudio realizado en Moncayo, España por Moreno y Arbea (1989) en cuatro parcelas forestales, analiza la relación de los factores físico-químicos que pueden afectar a las poblaciones de los microartrópodos y de todos los parámetros químicos analizados, solamente el pH tuvo una relación más directa con el tamaño de las poblaciones de algunos microartrópodos entre éstos los oribátidos.

En lo que respecta a la temperatura, la selva mediana presentó la temperatura más baja, y la temperatura más alta se registró para la duna costera (Cuadro 8). Se estudió la relación entre la temperatura y la abundancia para saber si existe un efecto significativo, la tendencia de esta relación fue negativa $r_{59} = -0.4322$; $p < 0.05$; mientras que en la selva mediana la abundancia respondió mejor a temperaturas menores, las temperaturas elevadas en las dunas costeras parecen tener una influencia negativa en la composición de comunidades oribatológicas. El estudio de García *et al* (2013; en prensa) mostró que en los ecosistemas de manglares de la selva baja de Cozumel se encontró una correlación negativa $r_{37} = -0.20$, $p < 0.05$, con la abundancia de oribátidos, la temperatura tuvo un efecto negativo sobre la abundancia de los microartrópodos. La composición de la selva y la influencia de la cobertura vegetal permite que la temperatura sea menor que en las dunas costeras donde la exposición a los rayos solares es mayor.

Por otro lado al relacionar la humedad con la abundancia se encontró una tendencia positiva de $r_{59} = 0.48265$ y se determinó que a mayor humedad existe una mayor abundancia de organismos, como se demuestra en el estudio realizado por García *et al* (2013; en prensa) en manglares de Cozumel, Quintana Roo donde coincide en señalar una relación significativa y positiva en la abundancia de Oribátida y Collembola con la humedad relativa. Los mayores valores de abundancia se encontraron en la selva mediana (Cuadro 2) donde la existencia de una densa vegetación o de un área de cobertura vegetal, produce un alto valor de

humedad y una reducción de la temperatura, condiciones favorables para la densidad y abundancia de la mesofauna (Ares *et al*, 2001).

Por último la salinidad muestra una relación negativa casi nula respecto a la abundancia ($r_{59} = 0.2129$), es decir, no afecta de manera significativa la abundancia de los ácaros oribátidos presentes en los tres sitios de estudio, lo que pudiera deberse a que las comunidades de ácaros oribátidos se concentran mayormente en la hojarasca, donde la disponibilidad de alimento es mayor, la humedad es mayor y la salinidad es menor comparada con el sustrato. En la temporada cuando la precipitación pluvial es mayor, la salinidad disminuye por el efecto de lixiviación, favoreciendo de esta manera a la presencia y abundancia de estos organismos. Aunque la capa de hojarasca se encuentra expuesta a las oscilaciones microclimáticas, a la acción del viento y al arrastre por el agua, el número de nichos se incrementa con la presencia de la litera (Prieto-Trueba *et al*, 1999).

Al comparar las comunidades de la oribatofauna en los tres hábitats, selva mediana, selva baja y duna costera, nos encontramos con tres comunidades diferentes en cuanto a su composición, abundancia, diversidad y riqueza, por lo que al analizarlo desde el punto de vista espacial podríamos esperar comunidades diferentes que reaccionan al cambio de vegetación, a las condiciones ambientales, disposición de alimento, parámetros fisicoquímicos entre otras condiciones naturales de la fisiología de los organismos. Por todo esto se recomienda que el estudio de la fauna edáfica en un sistema edáfico sea estudiado a partir de la

relación planta-organismos-suelo y no de forma aislada (Socarrás et al, 2004). Es notable como pueden influir las condiciones del suelo en la abundancia de los oribátidos y la adaptación de estos a ciertos grados de estrés en el ambiente y cómo su condición fisiológica permite resistir condiciones adversas, entre ellas, la escasez de humedad (Prieto-Trueba *et al*, 1989), escasez de alimento, altas temperaturas, etc., como es el caso de la presencia de las familias Liodidae, Carabodidae, Schelorbitidae, Galumnidae, Xylobatidae, Mochlozetidae, Phenophelopidae, Haplozetidae, y Euphthiracaridae en las dunas costeras. Algunos representantes de la familia Liodidae están bien adaptados fisiológicamente para habitar en condiciones ambientales extremas, están asociados a suelos áridos, pobres y con poco contenido de materia orgánica (Vázquez *et al*, 2011). Algunos ácaros para protegerse de las condiciones ambientales y de los depredadores a los que se encuentran expuestos, pueden adherirse a materiales o secreciones (cerotegumento), presentan sedas especializadas que se elevan para aparentar un mayor tamaño, presentan coloraciones del cuerpo más oscuras, endurecimiento de la cutícula, esto los protege como una armadura. Por ejemplo los ácaros de la familia Phthiracaridae presentan un cuerpo como “tortuga”, que presentan un enconchamiento del cuerpo ocultando las patas y zonas más débiles. En la familia Galumnidae se observan los pteromorfos bien desarrollados, parecen más bien orejas de “elefante”, que le sirven de protección cubriendo las áreas más susceptibles (Martinez y Estrada, 2012)

La combinación de los principales factores del medio ambiente como son: temperatura, humedad, nutrientes (materia orgánica), etc., influyen y determinan la presencia y abundancia de ciertas especies. Muchas especies están definidas por la estabilidad de las condiciones de sus hábitats, pero suele haber estrictos requerimientos en sus ambientes. Algunas especies son menos plásticas a la temperatura, otras a la humedad, otros amortiguan la composición mecánica del suelo, otras también las propiedades químicas (Najt, 1976). Los organismos no sólo se adaptan al ambiente físico en el sentido de tolerarlo, sino que “se sirven” de las periodicidades naturales del medio físico para regular sus actividades y “programar” sus funciones biológicas de modo que puedan sacar provecho de las condiciones favorables (Odum, 1984).

8. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo fue relacionar el contenido de materia orgánica con la riqueza y abundancia de las familias de ácaros oribátidos en tres diferentes sitios de Cozumel, Quintana, Roo, de lo cual podemos establecer que, de acuerdo a este estudio, existe una relación directamente proporcional que dice “a mayor contenido de materia orgánica en un determinado sitio, existe mayor riqueza y abundancia de ácaros oribátidos”.

En este estudio se identificaron 43 familias en tres diferentes ecosistemas de la Isla de Cozumel, Quintana Roo, México, que son: selva mediana, selva baja, dunas costeras, las cuales representan el 41% de las familias reportadas para el país, y el 69% para el estado. Las familias de ácaros oribátidos presentes en todos los sitios de estudio son: Liodidae, Scheloribatidae, Galumnidae, Euphthiracaridae, Carabodidae, Xylobatidae, Haplozetidae y Mochlozetidae, se encontraron representadas en los tres sitios de estudio.

La mayor abundancia de ácaros oribátidos se encontró en la selva mediana de San Gervasio, Cozumel, uno de los sitios con mayor cobertura vegetal de la isla. Estos organismos en este sitio constituyeron el 84% de los individuos registrados en el estudio, también se determinó la mayor riqueza de familias en este lugar, el cual presentó el mayor contenido de materia orgánica, la humedad más alta, la salinidad baja y un pH neutro, con condiciones que permiten considerarlo como un

sitio estable, con mejores condiciones para la vida y presencia de muchos organismos y microorganismos.

La selva baja presentó una similitud de 69% en cuanto a riqueza de familias, respecto a la selva mediana, pero no así en abundancia, este ecosistema en Punta Sur en la Laguna Colombia, de Cozumel, presenta condiciones que son favorables para el establecimiento de ciertos organismos como son representantes de las familias Damaeidae, Ctenacaridae, Microtegeidae y Euphthiracaridae. Pueden ser considerados estos organismos halotolerantes, la presencia de comunidades de estos oribátidos se encontraron en la hojarasca de plantas halófilas como el manglar y vegetación costera.

Las dunas costeras presentaron la menor abundancia de organismos y menor riqueza de familias. Las dunas costeras quizá no presentan las condiciones óptimas para la presencia de muchos organismos, sin embargo, no hay duda de que cumplen funciones muy importantes en el medio ambiente. Una de estas funciones es la que realizan como barreras naturales que protegen a la parte continental del impacto de los huracanes. Estos sitios presentan su propia diversidad la cual está constituida por organismos adaptados a estos sitios. No solo es importante conservar las dunas por las funciones ecológicas ambientales que cumplen sino también por los beneficios económicos que representan para el turismo por su gran belleza.

Los análisis estadísticos establecen, que los tres sitios de estudio son diferentes respecto a la abundancia y la riqueza de familias, dadas por las diferencias entre los valores de diversidad, equitatividad, dominancia y similitud. La variación espacial fue determinante para la abundancia de la oribatofauna.

Las diferencias en la abundancia, los cambios evidenciados en la estructura y composición de comunidades de ácaros oribátidos, responde a diversas variables ambientales que están muchas veces relacionados entre sí, las cuales impactan de manera directa e indirecta, positiva o negativamente. Algunos de estos factores pueden ser desconocidos o poco conocidos, como la fisiología y ecología de los organismos, otros factores pueden ser físicos y químicos como el contenido de materia orgánica, pH, temperatura, humedad y salinidad del suelo, de estos últimos el pH y el contenido de materia orgánica son determinantes en los organismos estudiados en este trabajo.

La importancia de este grupo de organismos del suelo ha sido señalada por diversos autores. La asociación entre el suelo y los organismos edáficos no debe ser menospreciada. En este trabajo se demuestra como precisamente la abundancia de este grupo de ácaros está asociada a suelos mejor conservados y con alto contenido de materia orgánica. Por lo anterior es conveniente considerar los cambios de uso de suelo y las actividades antrópicas que pueden influir de manera negativa sobre la riqueza específica, la abundancia y la diversidad, lo cual a su vez constituyen indicadores del buen estado de conservación de los ecosistemas.

9. REFERENCIAS

- Andrés, M. y Pérez, A. 2004. Estudio de los ácaros edáficos de un agroecosistema (cafetal) en la Estación Biológica Don Francisco Chaves en Santa Maura, Jinotega. *Gaia*, 4:1-11.
- Ares, J., M. Bertiller and S. H. del Valle. 2001. Functional and structural landscape indicators of intensification, resilience and resistance in agroecosystems in Southern Argentina based on remotely sensed data. *Landscape Ecology*, 16: 221-234.
- Arolfo, R. V., J. C. Bedano y A. R. Becker. 2010. Efectos del cultivo de soja transgénica en siembra directa sobre la taxocenosis de ácaros edáficos en Haplustoles del centro de Córdoba. *Ciencia del suelo*, 28(2): 191-200.
- Arroyo, J. y J. C. Iturrondobeitia. 2004. Variación temporal y espacial de las comunidades oribatológicas (Acari, Oribatida) de Burgos (España). *Revista Ibérica de Aracnología*, 9: 307-317.
- Behan - Pelletier, V. M., M. G. Paolletti, B. Bissett and B. R. Stinner. 1993. Oribatid mites on forest habitats in northern Venezuela. *Tropical Zoology*, Special Issue 1: 39-54.
- Bernal Rojas, A. 2006. *Artropodofauna edáfica de una finca cafetalera al sur del estado de Oaxaca con énfasis en Cryptostigmata y Collembola*. Tesis Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. México. 72 p.
- Bautista Zuñiga, F. 2005. *Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales*. INE, SEMARNAT, CONACYT, EPOMEX. 282 p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2007. *Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área de Protección de Flora y Fauna de la Isla de Cozumel, Quintana Roo, México*. CONANP, SEDUMA, SEMARNAT, Amigos de Sian Ka'an, Honorable Ayuntamiento de Cozumel y North American Wetlands Conservation Council. México. 126 p.
- Crespo Villalaz, C. 2004. *Mecánica de los suelos y cimentaciones*. Ed. Limusa. México. 650 p.

- Crossley, D.A. 1977. The roles of terrestrial saprophagous arthropods in forest soils: current status of concepts. In: W.J. Mattson (ed.), *The Role of Arthropods in Forest Ecosystems*, Springer. Berlin / Heidelberg, New York. p. 226-232.
- Crossley, D. A, B. R. Mueller and J. C. Perdue. 1992. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relation to processes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 40(1-4): 37-46.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2002. NOM-021-RECNAT-2000, *Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos: Estudio, muestreo y análisis*. SEMARNAT. México, D. F. 85 p.
- Fredes, N. A., P. A. Martínez, V. B. Laborde y M. L. Osterrieth. 2009. Microartrópodos como indicadores de disturbio antrópico en entisoles del área recreativa de Miramar, Argentina. *Ciencia del suelo*, 27(1): 89-101.
- García, A., G. Castaño Meneses, M. M. Vázquez González y J. G. Palacios Vargas. 2013. Arthropods diversity in mangroves from Cozumel Island, Quintana Roo, En Prensa. *Applied Soil Ecology*.
- García, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para la república Mexicana)*. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México. 264 p. y 251 p. en 1973.
- Gil-Martín, J. y L. S. Subías. 1998. Estudio faunístico de los oribátidos (Acari, Oribatida) de pinares incendiados de un sector de la cara sur de la Sierra de Gredos (Avila). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 22(1-2): 185-210.
- Hagvar, S. 1994. Preserving the natural heritage: The process of developing attitudes. *Ambio*, 23(8): 515-518.
- Haq. M.A.2007. Biodegradation and productivity in tropical ecosystem by oribatid mites *In: Acarology XI: Proceedings of the International Congress*. UNAM, Facultad de Ciencias y Sociedad Entomológica de Acarología. México, 137-150.
- Herrera, J. C. 2011. Clima *In: Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación*. CONABIO. C. Pozo, N. Armijo, S. Calmé (eds). Tomo 1. México, D. F. 344 p.
- Hoffman, A. 1996. *Animales desconocidos: Relatos acarológicos*. Fondo de Cultura Económica. México. 76 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2008. *Carta edafológica serie II*. México.

- Iraola, V. 1998. Introducción a los ácaros (I): Descripción general y principales grupos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 23: 13-19.
- Iturrondobeitia, J. C., A. I. Caballero y J. Arroyo. 2004. Avances en la Utilización de los Ácaros Oribátidos como Indicadores de las Condiciones Edáficas, In: *Congreso Internacional de Biodiversidad y Arácnidos: Los invertebrados y la estrategia ambiental vasca de desarrollo sostenible*. S. C. Arazandi Z. E. Donostia, San Sebastián. p. 71-91.
- Krantz, G. W. 1978. *A Manual of Acarology*. Oregon State University Book Stores, Inc. United States of America. 509 p.
- Krivolutsky, D. A. and A. Y. Druk. 1986. Fossil Oribatid Mites. *Annual Review of Entomology*, 31: 533-45.
- Larochelle, L., F. Pagé, G. J. Beauchamp y G. Lemieux. 1998. *Papel de la mesofauna en la dinámica de la transformación de la materia leñosa aplicada al suelo*. Grupo de coordinación sobre la madera Rameal. Universidad Laval. Quebec, Canadá. 17 p.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Cromm Helm. Londres. 179 p.
- Marín Castro, B. E. 2006. *La Acarofauna Edáfica (Acari: Oribatei) de un agrosistema cafetalero en la Sierra Sur de Oaxaca, México*. Tesis Licenciatura, UNAM. México, D. F. 41 p.
- Martínez, P. A. y E. G. Estrada. 2010. Oribatida, In: *Ácaros de importancia en el suelo*. I Congreso Latinoamericano de Acarología, Colegio de Posgraduados. México. 216 p.
- Mendoza Arviso, S. F., J. Villalobos, L. Ruíz-Montoya y A. E. Castro. 1999. Patrones ecológicos de los colémbolos en el cultivo de maíz en Balun Canal, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 78: 83-101
- Moraza, M. L. 2007. Composición, estructura y diversidad de la comunidad de ácaros Mesostigmata de un hayedo natural (*Fagus sylvatica*) del sur de Europa. *Graellsia*, 63(1): 35-42.
- Moreno, A. I. y J. I. Arbea. 1989. Mesofauna edáfica de cuatro parcelas forestales del Monyaco. *Turiasu*, 9(2): 549-560.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. CYTED, ORCYT-UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, España. 84 p.

- Najt, J. 1973. Algunos conceptos sobre la Biología de los suelos como ciencia de nuestro tiempo. *IDIA- Suplemento*, 29: 97-105.
- Odum, E. P. 1984. *Ecología*. Nueva Editorial Interamericana. México, D. F. 639 p.
- Palacios-Vargas, J. G. y R. Iglesias. 2004. Oribatei (Acarida: Cryptostigmata) de México In: *Vol. IV Biodiversidad, Taxonomía y Geografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su comportamiento*. J. Llorente y J. J. Morrone (eds). Universidad Autónoma de México. México, D. F. 431-468 p.
- Pérez Velázquez, M. D. 2012. *Estructura de la comunidad de Ácaros Mesostigmados (Acari: Mesostigmata) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México*. Tesis Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, Escuela de Ciencias Biológicas. México, D. F. 58 p.
- Prieto-Trueba, D. y H. Schatz. 2004. Adiciones al catálogo de ácaros oribátidos (Acari, Oribatida) de Cuba. *Revista Ibérica de Aracnología*, 10: 303-310.
- Prieto-Trueba, D., M. M. Vázquez y C. Rodríguez Aragunez. 1999. Comunidades de la mesofauna edáfica de una selva baja inundable de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical*, 47(3): 489-492.
- Prieto-Trueba, D., V. González Cairo y M. Díaz Azpiazu. 1989. Composición y abundancia de insectos y ácaros edáficos en una plantación de Manihot esculenta Crantz. *Ciencias Biológicas*, 21-22: 137-143.
- Schatz, H. 1998. Oribatid mites of the Galapagos Islands: faunistic, ecology and speciation. *Experimental and Applied Acarology*. 22(7): 373-409.
- Socarrás A. A. 1998. La vida del suelo: un indicador de su fertilidad. *Revista Agricultura Orgánica*, 4(1): 17-22.
- Socarrás, A. y M. Rodríguez. 2005. Utilización de la mesofauna como indicador biológico en áreas recultivadas con Pinus cubensis en la zona minera de Moa, Holguín, Cuba. *Poeyana*, 1-13.
- Socarrás, A. A., M. E. Rodríguez, J. A. Sánchez y A. F. Ávila. 2004. Variación de la mesofauna en cuatro especies de pastos. *Poeyana*, 429: 34-38.
- StatSoft, Inc. 2007. *Statistical user guide: Complete Statistical System Statsoft*. Oklahoma. Versión 8.0. www. Statsoft.com.

- Subías, L. S. 2004. Listado sistemático, sinonímico y biogeográfico de los ácaros oribátidos (Acariformes, Oribatida) del mundo (1758- 2002). *Graellsia*, 60: 3-305.
- Vázquez González, M. M. 1999. *Catálogo de los ácaros oribátidos edáficos de Sian Ka'an, Q. Roo, México*. CONABIO-UQROO. México. 126 p.
- Vázquez González, M. M. 2001. *Fauna edáfica de las selvas tropicales de Quintana Roo*. Universidad de Quintana Roo, CONACyT. México, D. F. 145 p.
- Vázquez González, M. M. 2006. Ácaros oribátidos de las selvas tropicales de México y Belice. *Caos Conciencia*, 1: 19-23.
- Vázquez González, M. M., A. Pereira, P. Fragoso y J. A. Rodríguez. 2011. Riqueza y biodiversidad e organismos edáficos del Corredor Biológico Mesoamericano (México, Belice y Guatemala), *In: Avances de ciencia y tecnología en Quintana Roo*. V. H. Delgado, J. S. Ortégón, M. M. Vázquez, A. González, J. Hernández, UQROO, y Plaza y Valdés S. A. de C. V (eds). México. p. 35-70.
- Ter Braak, C.J.K. & P. Smilauer. 1998. *CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Micropunter Power, Ithaca, NY, USA. 352 p.
- Zapata Hernández, R. 2004. *Química de la acidez del suelo*. Impresión Cargraphics, Impresión Digital. Cali, Colombia. 208 p.
- Zar, H. J. 1984. *Bioestadistical Analysis*. 2ª. Ed. Printice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey. 605 p.

10. ANEXOS



Foto 10: Familia Eremobelbidae

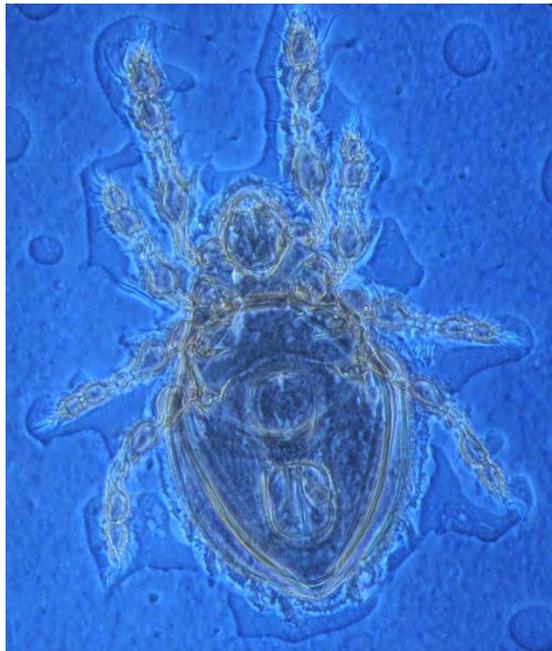


Foto 11: Familia Damaeolidae



Foto 12: Familia Carabodidae



Foto 13: Familia Liacaridae



Foto 14: Familia Nothridae



Foto 15: Familia Thrypochthoniidae



Foto 16: Familia Malaconothridae



Foto 17: Familia Epilohmaniidae



Foto 18: Familia Nanhermanniidae

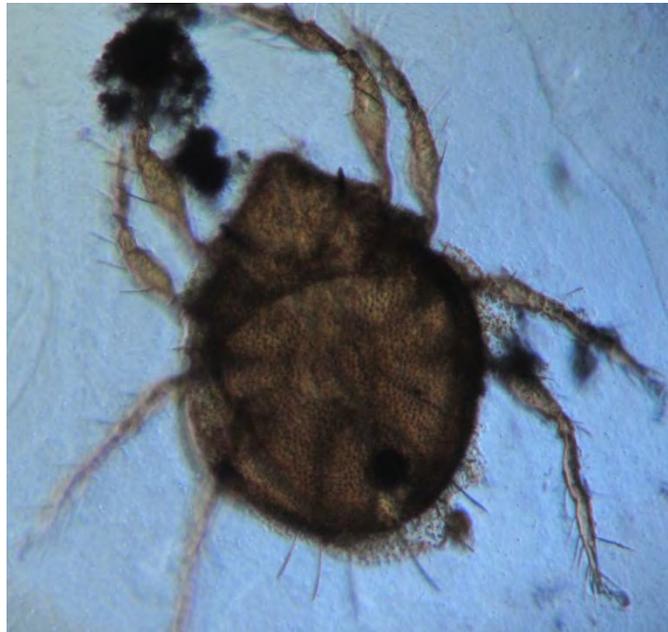


Foto 19: Familia Hermanniidae



Foto 20: Familia Plasmobatidae



Foto 21: Familia Gymnodamaeidae



Foto 22: Familia Plateremacidae



Foto 23: Familia Damaeidae



Foto 24: Familia Charassobatidae



Foto 25: Familia Hypochtoniidae



Foto 26: Familia Microzetidae



Foto 27: Familia Eremaozetidae



Foto 28: Familia Eremulidae



Foto 29: Familia Ctenacaridae



Foto 30: Familia Microtegeidae



Foto 31: Familia Oribatellidae

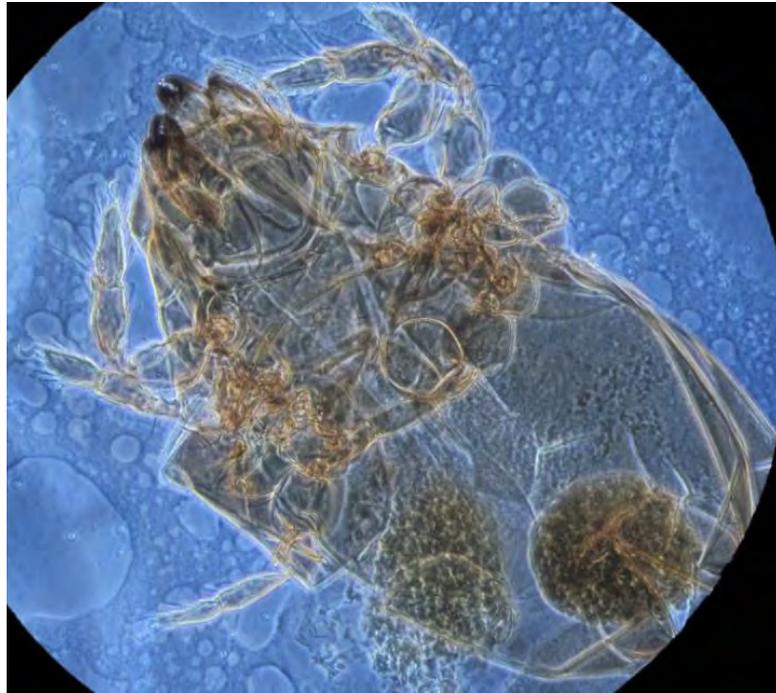


Foto 32: Familia Xylobatidae



Foto 33: Familia Mochlozetidae

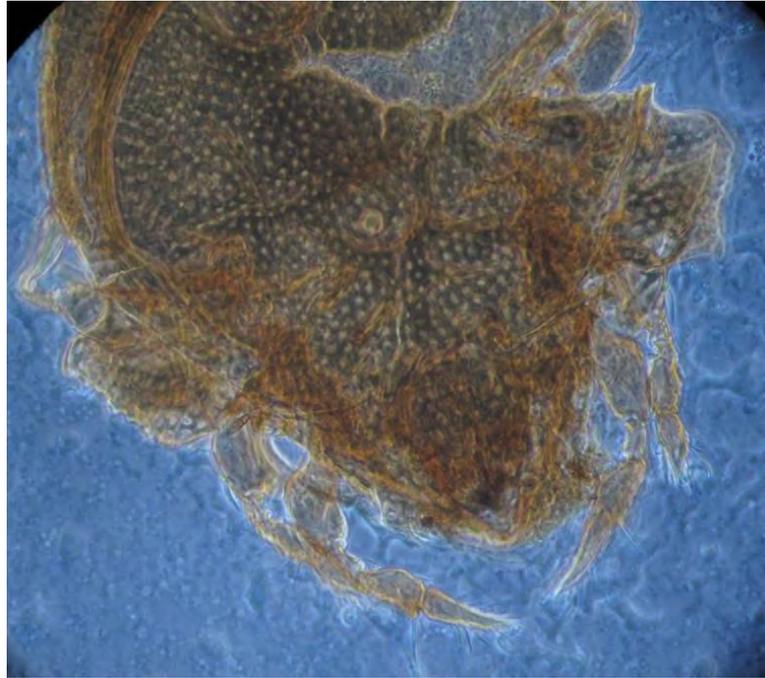


Foto 34: Familia Haplozetidae

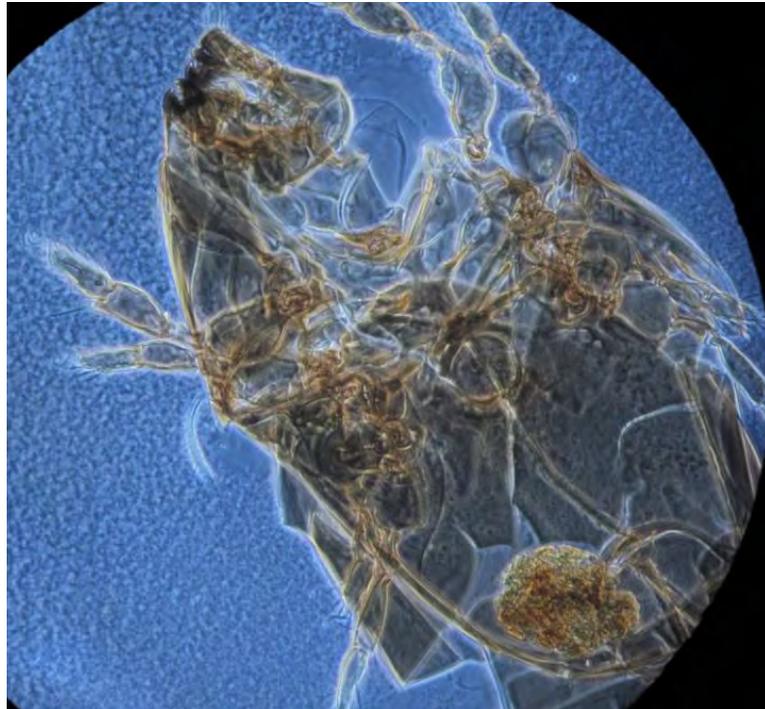


Foto 35: Familia Oripodidae



Foto 36: Familia Galumnidae



Foto 37: Familia Scheloribatidae

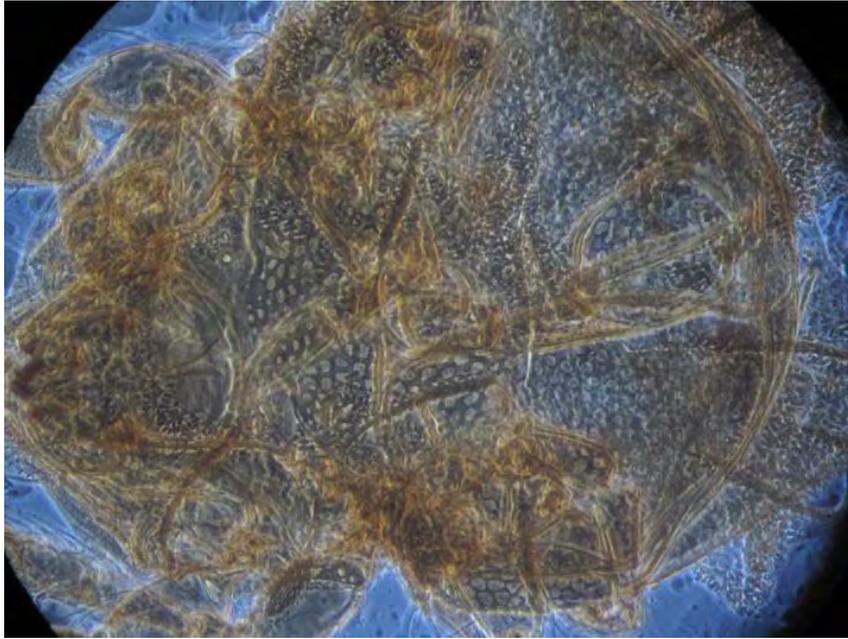


Foto 38: Familia Nasobatidae



Foto 39: Familia Microtegeidae



Foto 40: Familia Dampfiellidae



Foto 41: Familia Protoplophoridae



Foto 42: Familia Liodidae



Foto 43: Familia Euphthiracaridae



Foto 44: Familia Lohmanniidae



Foto 45: Familia Sphaerochthoniidae



Foto 46: Familia Phthiracaridae



Foto 47: Familia Cosmochthoniidae



Foto 48: Familia Achipteriidae

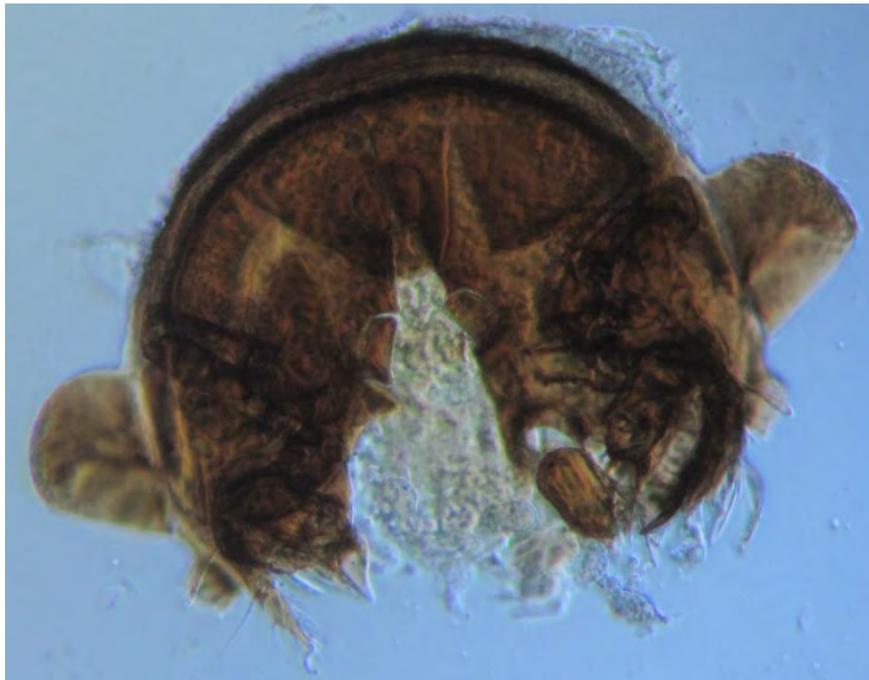


Foto 49: Familia Phenopelopidae