



**UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

---

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como  
indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de  
Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

---

**T E S I S**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE**

**Licenciado en Manejo de Recursos Naturales**

**PRESENTA**

**Alexandra del Carmen Alayola Pérez**

**DIRECTOR**

**Dra. Ma. Magdalena Vázquez González**

**ASESORES**

**Dr. Leopoldo Querubín Cutz Pool**

**M.C. Juan Antonio Rodríguez Garza**

**Lic. Elvia Beatriz Alamilla Pastrana**

**Lic. Daniel Alfonso May Uicab**



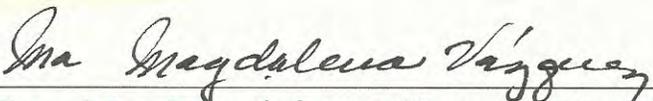


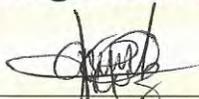
UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

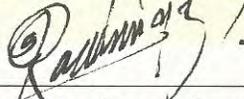
TRABAJO DE TESIS BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DEL PROGRAMA DE  
LICENCIATURA Y APROBADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

Licenciado en Manejo de Recursos Naturales

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR:   
Dra. Ma. Magdalena Vázquez González

ASESOR:   
Dr. Leopoldo Querubín Cutz Pool

ASESOR:   
M.C. Juan Antonio Rodríguez Garza

ASESOR:   
Lic. Elvia Beatriz Alamilla Pastrana

ASESOR:   
Lic. Daniel Alfonso May Uicab



**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

**Contenido**

Introducción .....	1
Marco teórico .....	4
El suelo y su biota .....	4
Distribución geográfica y hábitat de los microartrópodos edáficos .....	5
Microartrópodos edáficos como bioindicadores .....	6
Antecedentes .....	8
Objetivos .....	11
General .....	11
Específicos .....	11
Área de estudios .....	12
Geología .....	13
Fisiografía .....	13
Hidrología .....	13
Climatología .....	14
Suelos .....	14
Tipos de vegetación .....	15
Fauna .....	17
Metodología .....	18
Trabajo de campo .....	18
Colecta y procesamiento de los microartrópodos .....	18
Procesamiento de muestras y obtención de microartrópodos edáficos .....	19
Análisis estadísticos .....	19
Resultados .....	23
Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos .....	23
Índices de diversidad de microartrópodos edáficos .....	36
Prueba t-student .....	37
Índice de similitud de Sørensen .....	38
Discusión .....	39
Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos en selva baja, selva mediana, manglar y duna costera de Puerto Morelos .....	39

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

Comparación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, de dominancia de Simpson y de equitatividad de Pielou.....	45
Comparación a través del índice de similitud de Sørensen.....	47
Conclusiones.....	48
Bibliografía.....	50

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

**Índice de figuras**

Figura 1. Mapa de Puerto Morelos. .... 12

Figura 2. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en SB (Selva Baja), SM (Selva Mediana), M (Manglar) y DC (Duna Costera) en Puerto Morelos, Q. Roo. .... 23

Figura 3. Variación en la abundancia relativa de microartrópodos edáficos en los cuatro sitios de colecta: selva baja, selva mediana, manglar y duna costera. .... 24

Figura 4. Variación en la abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en temporada de lluvias y secas. .... 28

Figura 5. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en la selva baja inundable en temporada de lluvias y secas. .... 32

Figura 6. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en la selva mediana subcaducifolia en temporada de lluvias y secas. .... 33

Figura 7. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en el manglar en temporada de lluvias y secas. .... 34

Figura 8. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en la duna costera en temporada de lluvias y secas. .... 35

**Índice de cuadros**

Cuadro 1. Abundancia absoluta y abundancia relativa de los órdenes de microartrópodos edáficos colectados en cuatro sitios de Puerto Morelos: SB (Selva Baja), SM (Selva Mediana), M (Manglar) y DC (Duna Costera). .... 25

Cuadro 2. Distribución, abundancia absoluta y abundancia relativa de las familias de microartrópodos edáficos colectados en cuatro sitios de Puerto Morelos: SB (Selva Baja), SM (Selva Mediana), M (Manglar) y DC (Duna Costera). .... 26

Cuadro 3. Distribución de las familias de microartrópodos y su abundancia absoluta en cuatro sitios: selva baja, selva mediana, manglar y duna costera, en temporada de lluvias y secas. .... 30

Cuadro 4. Comparación de los índices de diversidad: Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y Equitatividad de Pielou ( $J'$ ) en los cuatro sitios. .... 36

Cuadro 5. Comparación de los índices de Shannon-Wiener a través de la prueba t-student para los cuatro sitios con corrección de Bonferroni ( $p=0.05/4=0.01$ ). \* = es significativo. .... 37

Cuadro 6. Comparación del índice de Sørensen (%) por sitio. .... 38

# **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

## **Introducción**

Las selvas tropicales se localizan en la franja intertropical (que comprende desde el Trópico de Cáncer hasta el Trópico de Capricornio pasando por el Ecuador). Se caracteriza por tener una vegetación exuberante, la temperatura y la luz permanecen constante durante el año y albergar una alta diversidad biológica (Arellano Martín y Andrade, 2016). Se estima que casi dos tercios de la diversidad biológica global de especies de varios grupos de organismos se localizan en las selvas tropicales (Dirzo, 2004).

Las selvas tropicales son importantes ya que cumplen su función principal de limpiar la atmósfera absorbiendo el bióxido de carbono de la atmósfera y a su vez liberando oxígeno. El bióxido de carbono es uno de los gases que causa el efecto invernadero y el calentamiento global. En cambio, el oxígeno es un gas primordial para la vida de muchos organismos. Las selvas tropicales también ayudan a estabilizar el clima global, produciendo lluvias alrededor del planeta. Además, otros de los servicios ambientales que desempeñan estos ecosistemas tropicales es la de mantener el ciclo del agua; protegen contra inundaciones, sequías y erosión; proporcionan hogar para muchos animales; y brindan una serie de bienes (Butler, 2013).

Del extenso territorio mexicano solamente alrededor de un diez por ciento presenta un clima cálido húmedo, la mayor parte del cual estuvo originalmente cubierto por selvas tropicales. Esta zona ecológica se distribuye por nueve estados del sur y sureste de México, predomina en 324 municipios, y posee una extensión de 20.6 millones de hectáreas. Fisonómicamente similares a las selvas de Centro y Sudamérica, en México este tipo de vegetación está representado por selvas altas y medianas perennifolias y subperennifolias (de acuerdo a la terminología propuesta por Miranda y Hernandez-X., 1963), es por lo general pobre en endemismos, y presenta una riqueza florística menor a las del resto de Latinoamérica (Toledo *et al.*, 1995).

Las áreas tropicales han sido severamente afectadas por la deforestación en las últimas décadas provocada fundamentalmente por la ganadería bovina, por lo que México ha visto reducida su cubierta forestal original probablemente en un 90%. Por ello, las selvas tropicales húmedas bien conservadas de México se hallan confinadas a unas cuantas regiones entre las que destacan Los

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

Tuxtlas en Veracruz, La Chinantla y los Chimalapas en Oaxaca, Calakmul en Campeche, Sian Ka'an en Quintana Roo y la selva Lacandona en Chiapas (Toledo *et al.*, 1995). El Estado de Quintana Roo presenta como vegetación principal la selva tropical, la cual se caracteriza por una dominancia de especies arbóreas, temperaturas cálidas y alta humedad (Valdez-Hernández e Islebe, 2011). La selva tropical cubre el 67% de la superficie estatal, sin embargo, los cambios de uso de suelo han propiciado su pérdida como el aprovechamiento forestal, la agricultura y el turismo (Thomassiny Acosta y Chan Rivas, 2011).

Quintana Roo es uno de los estados de la República Mexicana donde aún existen ecosistemas poco alterados por la acción del hombre (Vázquez y Palacios-Vargas, 2004). Sin embargo, la parte norte de Quintana Roo presenta un gran desarrollo turístico y crecimiento poblacional acelerado, principalmente Cancún que se convirtió en la base de la economía del estado a través de la actividad turística (Espinosa-Coria, 2013). Dicha actividad es la más importante para la economía estatal, por lo que su crecimiento ha modificado el paisaje y provocado la pérdida del hábitat original (Pérez Villegas y Carrascal, 2000). El gran desafío que enfrenta Quintana Roo es lograr la preservación de la riqueza biológica del estado, que a pesar de haber sido afectada de manera directa e indirecta aún cuenta con una biodiversidad que representa más del 25% de las especies reportadas para todo el país (Calmé *et al.*, 2011).

Los microartrópodos edáficos son eficaces indicadores del funcionamiento de ecosistemas gracias a su amplia riqueza de especies, su elevado número de organismos, la capacidad de ocupar todo tipo de suelos y sus diferentes roles ecológicos. Son altamente sensibles a las variaciones climáticas, cambios en la cobertura vegetal, elementos contaminantes, prácticas de manejo, etc. (Herrera y Cuevas, 2003).

No obstante, la biota del suelo no puede ser evaluada en su totalidad, y solo puede ser evaluada por la función que desempeña en los procesos del ecosistema. Debido a su contribución a los servicios ambientales en los procesos físico-químicos del suelo, de cierta manera, estos organismos influyen en la composición atmosférica y, por lo tanto, en el cambio climático (Swift *et al.*, 2012). Los factores físicos y químicos que influyen en la riqueza, abundancia y densidad de los microartrópodos edáficos son la temperatura, la humedad, pH, composición de la materia orgánica, disponibilidad de nutrientes, cobertura vegetal y la estructura del suelo (Cutz-Pool *et al.*, 2014 y Palacios-Vargas y Castaño-Meneses, 2014).

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

El uso y manejo de los suelos ha impulsado el interés por estudiar la fauna del suelo y su relación con los factores abióticos, ya que puede servir de herramienta para la conservación, manejo y comprensión de los servicios ambientales (Vázquez, 2001).

## **Marco teórico**

### **El suelo y su biota**

El suelo cuenta con tres componentes: el componente sólido originado de la roca madre; compuesto de minerales elementos esenciales en la transferencia de energía; y materia orgánica compuesto principalmente por residuos vegetales y animales. Las características que el suelo presenta son la extensión, profundidad y presenta capas u horizontes. En el suelo se llevan a cabo los procesos de intercambio de energía y materia que les da la capacidad de soportar plantas enraizadas (Vázquez *et al.*, 2011). De igual manera, en el suelo ocurren diferentes procesos biológicos, entre ellos la actividad de la microbiota que, junto a los factores climáticos juega un papel importante en la transformación de la materia orgánica (Socarrás, 2005). Las consecuencias negativas de las perturbaciones por parte de las actividades humanas son la pérdida de potencial de producción, alteración de los ciclos biogeoquímicos, disminuye el potencial de limpieza o evacuación de los materiales residuales y degradación del suelo, incluyendo la erosión y desertificación (Vázquez, 2001).

El suelo es habitado por una gran diversidad de grupos de organismos que pasan la mayor parte de su vida en este ambiente y que cumplen funciones importantes y participan en la transferencia de materia y energía. Existen distintas formas de clasificar a la fauna edáfica pero en general se usa la clasificación elaborada por Swift y otros colaboradores en la que se clasifican por tamaño y se subdividen en: microflora (actinomicetos, bacterias y hongos), microfauna (protozoarios y nemátodos) > 200  $\mu$ m, mesofauna (ácaros, colémbolos y *Enchtraeidae*) 100  $\mu$ m- 2 mm y macrofauna (lombrices, isópodos y diplópodos) > de 2 mm; el tamaño de cada grupo expresa el papel que juega la fauna edáfica en los procesos biológicos de descomposición de la materia orgánica (Vázquez, 2001).

La mayoría de las poblaciones que conforman la biota del suelo está determinada por factores edáficos que permiten su desarrollo. Para la mesofauna edáfica son la materia orgánica, temperatura, aireación (Jaramillo, 2002) humedad (Cutz-Pool *et al.*, 2014) y pH (Arbea *et al.*, 1989).

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

El proceso de descomposición de la materia orgánica es un proceso sinérgico entre la microflora y la fauna edáfica, en particular la mesofauna: ácaros, colémbolos, entre otros (García Álvarez y Bello, 2004). Este grupo interviene en los procesos de descomposición de la materia orgánica, de aceleración y reciclaje de los nutrientes y, en particular, en la mineralización del fósforo y el nitrógeno. La mayoría de los grupos que conforman la mesofauna son bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo (Socarrás, 2013).

### **Distribución geográfica y hábitat de los microartrópodos edáficos**

Los ácaros y colémbolos representan el principal componente del suelo y la hojarasca tanto por el número de individuos, la riqueza de especies y su densidad, y ocupan diferentes hábitats (Fuentes *et al.*, 2008). Los ácaros Oribátidos son un grupo de microartrópodos edáficos cosmopolita importante, que debido a su complejidad taxonómica se encuentran en todo tipo de suelos y en distintos hábitats (Subías, 2004 y Gergócs y Hufnagel, 2009). Muchas familias de los ácaros Mesostigmatas son depredadores de vida libre y otros son ectoparásitos que colonizan una amplia diversidad de hábitats incluyendo hojarasca, estratos más profundos del suelo, nidos de mamíferos, aves, reptiles y artrópodos (Fuentes *et al.*, 2009 y Pérez Velázquez, 2012). La distribución de los ácaros Prostigmados se debe a la mayor diversidad de sus hábitos alimenticios, lo cual le permite aprovechar mejor los recursos disponibles y por ende ocupan un mayor número de nichos (Fuentes *et al.*, 2009). Los colémbolos tienen una amplia distribución. Se han encontrado en los ambientes más extremos como en la Antártida y en la cima de los Himalayas a 7742 metros de altitud sobre el nivel del mar. Muchas especies viven en todo tipo de suelos e incluso algunas especies pueden penetrar a 150 cm de profundidad. Se pueden hallar una diversidad mayor de colémbolos en las selvas tropicales debido a la presencia de distintos hábitats (hojarasca, troncos en descomposición, epífitas). Existen especies adaptadas a nichos presentes en los distintos ecosistemas (Cutz-Pool y Vázquez, 2012).

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

### **Microartrópodos edáficos como bioindicadores**

Muchos de los grupos que integran la mesofauna edáfica también conocidos como microartrópodos edáficos son sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, las cuales provocan cambios en su composición específica y su abundancia, y ocasionan la pérdida de especies y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad (Scheu, 2002: en Socarrás, 2013). Por tales motivos, es considerada como un buen indicador biológico del estado de conservación del suelo (Socarrás, 2013). Otro punto a señalar es que la presencia y balance de algunos grupos, son considerados indicadores del grado de perturbación y recuperación del suelo, por lo que pueden ser útiles para evaluar el grado de resiliencia o capacidad de recuperación de los suelos de las perturbaciones naturales y antrópicas (Socarrás y Rodríguez, 2005).

Los ácaros representan el grupo de quelicerados más rico en especies y son los más abundantes. Sus alimentarios son muy variados (Hoffmann y López-Campos, 2000: en Palacios-Vargas *et al.*, 2009) y se les puede encontrar en diferentes tipos de suelo (Palacios-Vargas, 2009). Pueden encontrarse miles de individuos en un m<sup>2</sup> de suelo y hojarasca, y son un componente importante en la formación de suelos y descomposición de materia orgánica (Schatz y Behan-Pelletier, 2008).

Entre los ácaros se encuentran los oribátidos, los cuáles son importantes facilitadores de la descomposición de la materia orgánica en interacción con la microflora, debido a que actúan sobre los restos animales y vegetales, fragmentándolos y haciéndolos más asequibles a la acción de los microorganismos. Dentro de este grupo existen diferentes tipos de respuesta ante las alteraciones ambientales, debido a que sus características morfológicas pueden hacerlos más resistentes. Determinadas especies de oribátidos muestran la existencia de circunstancias adversas, tanto naturales como antrópicas; y también de condiciones favorables (Socarrás, 2013).

Los ácaros mesostigmatas son ácaros depredadores que ejercen un control sobre las poblaciones de nemátodos y otros microartrópodos edáficos (Socarrás, 2013). Este grupo habita en la zona semiedáfica (primera capa del suelo donde se encuentra la materia orgánica). La densidad y diversidad de los mesostigmatas son sensibles a los factores como el uso de la tierra y condiciones locales de los sitios (Chaires Grijalva, 2012).

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

Los ácaros uropodinos son un grupo abundante y rico en especies de ácaros del suelo. Son comunes en los suelos con moderado a alto contenido de materia orgánica en hábitats relativamente húmedos (Vázquez *et al.*, 2007). También son humícolas y responde de forma positiva ante las buenas condiciones de aireación del suelo. Junto a los oribátidos, se reportan como indicadores de suelos con alta productividad (Socarrás, 2013).

Los ácaros prostigmatas son dominantes en suelos pobres en nutrientes y con bajos valores de carbonato de calcio, bajo contenido de materia orgánica y poca humedad. Son abundantes en áreas perturbadas debido a que tienen un alto potencial reproductivo; este les permite adaptarse al efecto del factor perturbador, por lo que, en ausencia de depredadores y competidores por el alimento, pueden aumentar rápidamente en número (Socarrás, 2013).

Los colémbolos son pequeños insectos hexápodos que miden menos de 2 mm de longitud, son comunes y abundantes en diferentes microhábitats, y su alta capacidad de dispersión les ha permitido conquistar ambientes de diferentes climas (Palacios-Vargas *et al.*, 2009). Los colémbolos están relacionados a diferentes factores del medio edáfico tales como el pH, materia orgánica, disponibilidad de materia orgánica, tipo de humus, cubierta vegetal y estructura del suelo, por lo que son sensibles a los cambios en las condiciones edáficas (Gómez-Anaya *et al.*, 2010). Participan en el reciclaje de los restos orgánicos y son capaces de triturar y fraccionar los restos vegetales, lo que aumenta en la implantación de la microflora. Los colémbolos son indicadores de pH y humedad en el suelo; algunas especies son sensibles a los productos químicos, mientras que otras aumentan su densidad (Gómez-Anaya *et al.*, 2010). Los colémbolos juegan un papel importante en la cadena trófica debido a la producción de heces fecales que permite la agregación de partículas en el medio edáfico, y es la presa de muchos insectos, en especial de las hormigas y escarabajos, algunos ácaros depredadores, y aunque poco conocido, son alimento para aves, reptiles y peces (Palacios-Vargas y Castaño-Meneses, 2014).

## Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

### Antecedentes

En México se han realizado estudios relacionados con los microartrópodos edáficos: Rueda *et al.* (2011) llevaron a cabo un estudio sobre la escala-espacial de la mesofauna en un transecto bosque-pastizal del Jardín Botánico “Francisco Javier Clavijero” en la que predominaron los ácaros y los colémbolos.

Anteriormente en 1990 se estudió la composición de las comunidades de microartrópodos edáficos en una cuenca hidrológica del norte del Desierto Chihuahuense, se encontró que el 80% de la abundancia correspondió a la Clase Acari, 15% a colémbolos y el 6% restante a grupos misceláneos (Psócidos, larvas de dípteros, trips y cóccidos) (Cepeda y Whitford, 1990).

Los trabajos de Cutz-Pool *et al.* (2008, 2010a, y 2010b) realizados en el bosque subhúmedo del volcán Iztaccihuatl, tomando como factor principal la altitud, demostraron que tiene influencia sobre la diversidad y densidad de las comunidades de microartrópodos edáficos. Los resultados muestran que la diversidad disminuye conforme aumenta la altitud y la densidad se incrementa, y viceversa.

También se ha llevado a cabo estudios sobre artrópodos asociados a suelos de selvas tropicales. Los resultados de Cadena Rangel (2013) sobre el estudio de la hojarasca del árbol *Brosimum sp.* en Papantla, Veracruz es que la mayor parte de la abundancia son ácaros (74%), seguido por colémbolos (20%) y el resto de la abundancia está conformada por otros grupos.

Se evaluó a los invertebrados como bioindicadores de la calidad de suelos contaminados por hidrocarburos en el municipio de Minatitlán, Veracruz. Encontraron que los colémbolos abundan más que los ácaros en suelos contaminados, ya que toleran mejor algunos contaminantes y pueden degradarlos con mayor facilidad (Uribe-Hernandez *et al.*, 2010).

Gómez-Anaya *et al.* (2010) realizaron una investigación sobre la abundancia de colémbolos relacionado con los parámetros edáficos de una selva baja caducifolia en la Estación de Biología Chamela (EBCh), comprobando que la temporalidad y el tipo de biotopo son factores influyentes en el establecimiento y dispersión de los colémbolos.

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

En Quintana Roo se ha efectuado estudios de microartrópodos edáficos. Se ha hecho estudios de la fauna acarológica en las selvas tropicales en Noh-Bec, Sian Ka'an y la Bahía de Chetumal. Se conoce cerca de 150 especies ácaros Oribátidos, 80 especies de ácaros Uropodina, 90 especies de ácaros Prostigmata y 2 especies de ácaros Notostigmata. Los ácaros se encuentran en prácticamente todos los ambientes y ecosistemas naturales de Quintana Roo. Los grupos más diversos y mejor representados en selvas tropicales son los ácaros Oribátidos, Mesostigmata y Prostigmata, los cuáles comprenden familias, géneros y especies de vida libre (Vázquez, 2011).

En cuanto a los colémbolos (Hexapoda: Collembola) tienen una amplia distribución. Se han realizado trabajos en la selva baja inundable en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, se conocen alrededor de 79 especies; en la selva mediana subperennifolia del ejido de Noh Bec, se sabe de la existencia de 107 especies; en el manglar de la Bahía del Espíritu Santo, en el litoral marino en la parte de Cancún, Chetumal y Xcacel se han registrado poco menos de 50 especies. También se ha encontrado colémbolos en ambientes subterráneos de Quintana Roo, el muestreo se realizó en cuatro cuevas y tres cenotes, se registraron 53 especies, distribuidas en 44 géneros y 15 familias (Cutz-Pool *et al.*, 2010). En total se registran 207 especies de colémbolos para el Estado de Quintana Roo. El total de las especies se distribuyeron en 19 familias, siendo Neanuridae, Isotomidae y Entomobryidae las más diversas (Cutz-Pool y Vázquez, 2012).

Se llevó a cabo un proyecto de investigación en la isla de Cozumel en la que se identificó 554 especies entre ácaros Oribátidos, Mesostigmatas, Prostigmatas, Uropodina, Notostigmata, insectos Collémbola, Formicidae, Protura y Diplura. El total de las especies encontradas el 37% son nuevas para la ciencia. El estudio posicionó a la isla de Cozumel el sitio que presenta mayor riqueza de microartrópodos edáficos más alto conocido para México (Vázquez, 2012).

El municipio de Puerto Morelos (a partir del 6 de Enero del 2016) fue uno de los puntos clave para el desarrollo económico la parte norte de Quintana Roo gracias a su riqueza natural. El atractivo principal fue el arrecife coralino que fue el objeto que motivó el aprovechamiento turístico (Cruz Coria *et al.*, 2013). Debido a la explotación de los ecosistemas naturales a través de la pesca, el comercio, el turismo y el desenfrenado avance del desarrollo urbano se fundó el jardín botánico "Dr. Alfredo Barrera Marín" en 1982 con el objetivo de preservar y conservar la biodiversidad de la Península de Yucatán. Es la única área de vegetación original conservada y hace más de 100

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

años no se desarrollan actividades de extracción (Instituto Nacional de Ecología, 2000 y Vester *et al.*, 2000).

En 1998 se decretó área natural protegida el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos con el objetivo de preservar los ambientes naturales representativos de la región Neotropical y de los ecosistemas marinos y arrecife coralino (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

En 2011 se presentó un estudio para la caracterización y diagnóstico de humedales de Puerto Morelos con la intención de establecer el “Área de Protección de Flora y Fauna Humedales de Puerto Morelos” propuesta por los habitantes de la comunidad. Ya que el llamado “Complejo de humedales de Puerto Morelos” presenta características únicas además de que se conecta con el Parque Marino (Elizondo *et al.*, 2011). Hasta el momento el decreto de la nueva ANP es un tema de debate entre las autoridades y los habitantes de Puerto Morelos.

El jardín botánico y el Parque Nacional son resultados de investigaciones realizadas a la diversidad biológica que aún se conserva en Puerto Morelos. Se conoce más de 700 especies de plantas nativas de la región. Se conserva especies de fauna entre mamíferos, aves, anfibios, reptiles y artrópodos. Sin embargo, no se conoce nada acerca de los microartrópodos edáficos de Puerto Morelos, pues a pesar de que juegan un rol importante en el funcionamiento de los ecosistemas, pasan desapercibidos debido a su microscópico tamaño. No obstante, con el recién decreto a municipio es aún más importante conocer de manera completa la diversidad biológica de Puerto Morelos.

# Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

## Objetivos

### General

Evaluar la riqueza y abundancia de los microartrópodos edáficos (ácaros y colémbolos) de las selvas tropicales de Puerto Morelos.

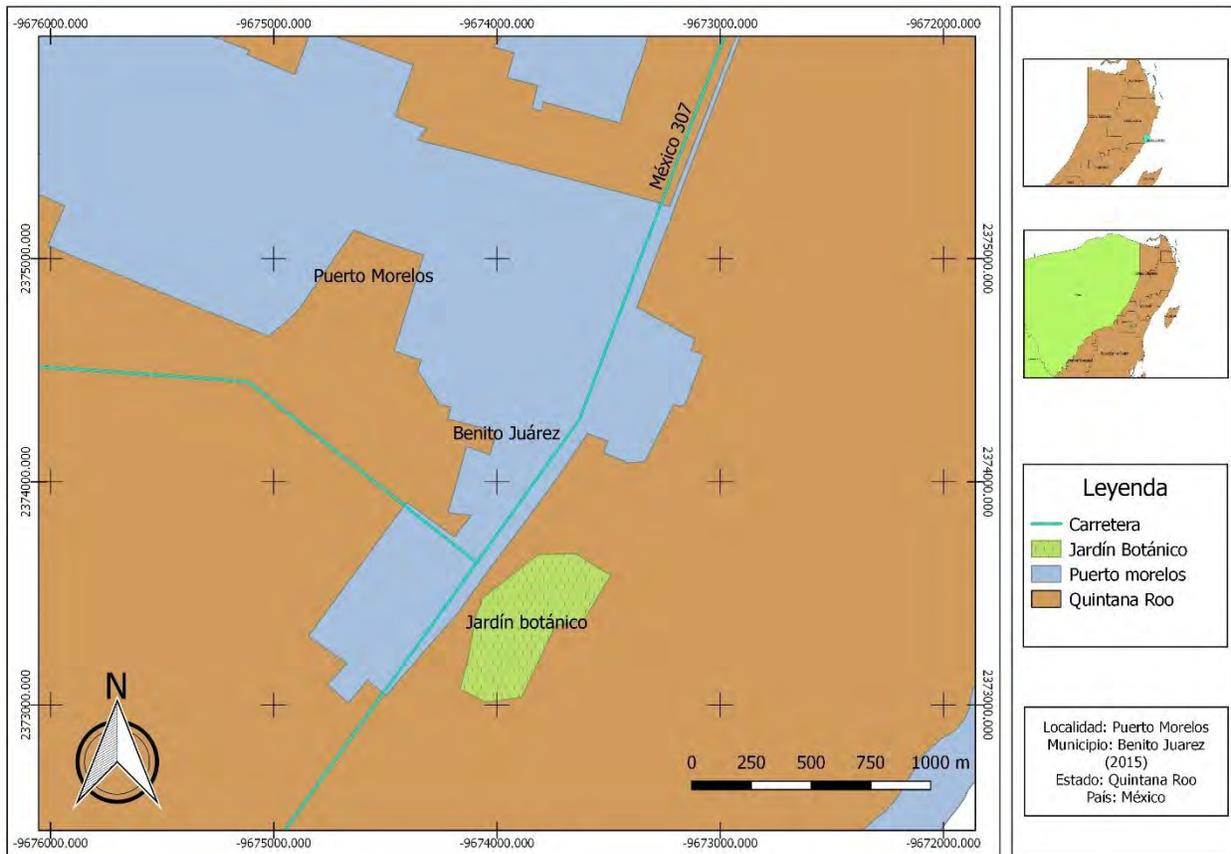
### Específicos

- Determinar la riqueza y abundancia de los microartrópodos edáficos de los diferentes ecosistemas: selva baja, selva mediana, manglar y dunas costeras.
- Analizar la diversidad de las comunidades de microartrópodos de cada ecosistema a través de los parámetros de Simpson ( $\lambda$ ), y Shannon-Wiener ( $H'$ ), Pielou ( $J'$ ).
- Comprobar el índice de diversidad ( $H'$ ) a través de prueba t-student.
- Comparar la composición de la comunidad de microartrópodos edáficos de las selvas tropicales (selva baja caducifolia y selva mediana perennifolia) con otros ecosistemas presentes en el área (manglar y duna costera) con el índice de Sorensen ( $I_s$ ).

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

**Área de estudios**

Puerto Morelos es una población costera que se localiza frente al Mar Caribe en el estado de Quintana Roo, México. El poblado se localiza geográficamente en la costa nororiental del estado de Quintana Roo, en los 20°50'50.5" latitud norte y 86°52'30.6" longitud oeste, a 35 km al sur de Cancún y 34 km al norte de Playa del Carmen sobre la costa. El aeropuerto internacional de la Ciudad de Cancún, se localiza a 18 kilómetros al norte de la localidad, sobre la carretera federal 307. Al sudoeste se encuentra las 60 hectáreas que ocupa el Jardín Botánico "Dr. Alfredo Barrera Marín" (Fig. 1). Frente al poblado se encuentra el Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, con una superficie de 9066 hectáreas que forma parte de la segunda barrera arrecifal más grande del mundo (Instituto Nacional de Ecología, 2000). La localidad de Puerto Morelos perteneció al municipio de Benito Juárez hasta el 2015, y en enero de 2016 se decretó el nuevo municipio de Puerto Morelos.



**Figura 1. Mapa de Puerto Morelos.**

# **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

## **Geología**

Puerto Morelos presenta caliza o roca calcárea al igual que el resto de la Península de Yucatán, presente desde la era Paleozoica, pero a partir del período Terciario hasta el Plioceno la península adopta la forma que tiene actualmente, la plataforma se delinea perfectamente, a partir de los arrecifes coralinos que se encuentran hacia el noroeste de la Península de Yucatán (Elizondo *et al.*, 2011).

## **Fisiografía**

El poblado de Puerto Morelos se encuentra a una altura promedio de entre 3 a 5 msnm. La zona costera se caracteriza por presentar un relieve muy escaso y por la ausencia de ríos superficiales, resultado de la naturaleza kárstica del terreno. La superficie es relativamente plana al igual que el resto del Estado de Quintana Roo, no obstante, presenta bermas (dunas fósiles) del Pleistoceno que tienen una altura de 10 m y se ubican hacia la duna costera actual (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

Topográficamente, el área varía de 0 a 3 m en la porción de playa, la duna costera y el humedal, y de los 3 a 10 en la porción que va del manglar hacia la selva mediana subperennifolia (Elizondo *et al.*, 2011).

## **Hidrología**

Debido a la presencia de piedra caliza y la escasez de suelos, el agua de lluvia se filtra rápidamente a través de la roca calcárea hacia el acuífero, por lo que el drenaje es básicamente subterráneo. La acumulación de aguas pluviales en la matriz rocosa, ocasiona una diferencia de niveles hidrostáticos que determina un flujo subterráneo de tierra al mar. Además de la ausencia de ríos superficiales (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

### **Climatología**

El clima de la región es cálido, subhúmedo con temporadas de lluvia marcadas; corresponde a un clima intermedio entre los tipos Aw1(x')(i')g y el Aw2''(i). Presenta una temperatura media anual de 27 °C y lluvias durante todo el año, siendo más abundantes en el verano, su periodo de precipitación invernal es superior al 7% en relación al anual y una estación seca bien definida entre Marzo y Abril (Instituto Nacional de Ecología, 2000 y Elizondo *et al.*, 2011).

La costa de Quintana Roo se encuentra en la trayectoria de los huracanes que se forman en el Atlántico e ingresan al Caribe. La temporada de huracanes comprende los meses de Junio a Noviembre, de los cuales Agosto y Septiembre son los meses de más alta incidencia (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

La temperatura de Puerto Morelos no sufre grandes diferencias durante el año, oscila entre los 24 y los 30 grados Celsius, siendo la más alta entre Mayo y Septiembre (Elizondo *et al.*, 2011).

### **Suelos**

Son suelos delgados de color café oscuro grisáceo con mucha roca aflorante, un 26.8% de materia orgánica y una textura de arena fangosa a franco arenosa. La presencia y exposición de laja hace que la profundidad del suelo sea muy irregular teniendo en promedio 20 centímetros. Según la FAO este tipo de suelo corresponde a un litosol-rendzina (Elizondo *et al.*, 2011).

Durante las lluvias fuertes se observa un lento arrastre laminar hacia el manglar y las reholladas; en estas últimas se presenta un suelo notoriamente diferente, denominado *K'ankab* en maya, de un metro de profundidad y de color café rojizo, resultado de la deposición coluvial. En las áreas manglar se encuentra los suelos tipo gleysol que se caracterizan por ser suelos fangosos, de tipo margoso, de color gris a pardo-grisáceo, poco profundos, con ciertos niveles de salinidad y casi todo el tiempo están inundados (Elizondo *et al.*, 2011). Las dunas costeras se desarrollan en suelos de tipo arenoso, de grano fino, muy profundo y abundante materia orgánica (Elizondo *et al.*, 2011).

## Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

### Tipos de vegetación

El suelo debido a la uniformidad de la roca madre, es poco evolucionado, por lo tanto, se tienen pocos hábitats edáficos. No obstante, el ligero cambio de la topografía, produce un gran cambio en la cubierta vegetal. Los tipos de vegetación que se presenta son las dunas costeras, manglar, selva baja caducifolia y selva mediana subperennifolia (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

#### Duna costera

La duna costera se distribuye por el litoral, frente al mar abierto, sobre lo que se denomina barra arenosa, misma que conforma la línea de costa y que alcanza hasta los 3 msnm. Aquí dominan las halófilas costeras y el matorral costero (Instituto Nacional de Ecología, 2000):

Las halófitas se distribuyen en todo el litoral, en lo que se ha determinado como zona de intermareas. Se constituyen por plantas que crecen de entre 5 a 20 cm de altura, con hábitos herbáceos y rastreros, tolerantes a la elevada salinidad e intensa radiación solar. Las especies que lo conforman son *Canavalia rosea*, *Sesuvium portulacastrum* y *Sporobolus virginicus* (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

El matorral costero se encuentra a lo largo del litoral y se encuentra con el mangle, combinando sus elementos formando franjas de ecotonos. Está compuesta por especies herbáceas y arbustivas. Se presentan dos tipos de matorral costero dependiendo de la conformación y asociación de especies:

- Matorral costero con *Bumelia americana-Pithecellobium keyense-Suriana maritima*. Se encuentra en una altitud entre 3-4 msnm, cubre áreas de entre 50-120 m de amplitud y alcanza una altura entre 2-4 m formando una vegetación densa e impenetrable (Instituto Nacional de Ecología, 2000).
- Mastorral costero con *Metopium brownei-Pouteria campechiana-Thrinax radiata*. La zona de médanos estabilizados alcanza entre 0-3 msmn, cubre áreas de entre 30-60 m de amplitud y la altura varía entre 4-10 m formando una vegetación densa (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

## Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

### Manglar

El manglar está representado por tres o cuatro asociaciones vegetales. Tales asociaciones son el manglar mixto de *Laguncularia* y *Conocarpus*, el manglar de franja denominado por *Rhizophora mangle* y el manglar *Conocarpus* combinados con elementos de Saibal. La altura promedio que presentan es de 5-10 m. Dentro del mangle se presentan otras asociaciones con vegetación hidrófila, como el tule y el zacatal. Todas las asociaciones de manglar se desarrollan en suelos tipo gleysol que se caracterizan por su drenaje deficiente que los mantiene inundados durante la mayor parte del año (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

### Selva baja inundable

La selva baja caducifolia se presenta como una franja transicional entre el manglar y la selva mediana subperennifolia. Se caracteriza por presentar un dosel arbóreo semiabierto. La altura de los individuos es entre los 5 y 10 m. lo más característico de esta vegetación es el estrato herbáceo integrado por numerosos individuos de *Bromelia alsodes*. Los elementos arbóreos perennifolios dominantes son: *Gymnanthes lucida*, *Malpighia emarginata* y *Sapium caribaeum*, y los caducifolios son: *Bursera Simaruba* y *Glaricidia sepium*. El suelo es rocoso favorece el drenaje, elevados (hasta 8 msnm) y con profundidad de 10-30 cm, así como una mayor cantidad de materia orgánica en descomposición (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

### Selva mediana subcaducifolia

Se caracteriza por presentar un dosel arbóreo cerrado a una altura que varía entre 10 y 25 m. Las especies arbóreas presentes son el chicozapote (*Manilkara zapota*), el ramón (*Brosimum alicastrum*), el caracolillo (*Syderoxylon foetidissimum*), el guayabillo (*Myrcianthes fragans*), la palma chit (*Thrinax radiata*), y Nacax (*Coccothrinax readii*). Entre las arbustivas se encuentran el tupkin (*Malvaviscus arboreus*) y la palma de xiat (*Chamaedorea seifrizii*). Se presentan epífitas y trepadoras, entre las que sobresalen la bromelia *Aechmea bracteata*, la orquídea *Myrmecophyla tibicinis* y las cactáceas *Selenicereus donkellaris* y *S. testudo*. El suelo es de tipo Tzekel (litosol-rendzinas), rocoso y pedregoso de fácil drenaje, con presencia de hundimientos en el terreno conocidos como rejolladas (Instituto Nacional de Ecología, 2000).

## Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

### Fauna

Se puede encontrar una gran variedad de especies, desde insectos hasta mamíferos. Se encuentra 9 especies de anfibios, 28 especies de reptiles en la que resalta las iguanas, 62 especies de aves entre residentes y migratorias, y 26 especies de mamíferos en la que destacan el mono araña (*Ateles geoffroyi*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jabalí (*Pecari tajac*), sereque (*Dasyprocta punctata*) y tejón (*Nasua narica*). En cuanto a los artrópodos se registran arañas y opiliones, miriápodos e insectos cuyas órdenes más abundantes son Coleoptera, Hemiptera y Díptera (Sánchez Sánchez y Escalante Rebolledo, 2000).

# **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

## **Metodología**

### **Trabajo de campo**

El estudio se realizó en dos áreas conservadas ubicadas en Puerto Morelos:

- a) Dentro del jardín botánico Alfredo Barrera Marín, administrado por el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), se tomó muestras de hojarasca de selva baja caducifolia (SB), selva mediana subperennifolia (SM) y manglar (M);
- b) Y en el litoral marino dentro del área perteneciente a la Estación de la CONANP-UNAM, se tomó muestras de duna costera (DC).

### **Colecta y procesamiento de los microartrópodos**

Para la obtención de las muestras se realizó un muestreo dirigido. En los sitios de selva baja, selva mediana, manglar y dunas costeras con vegetación mejor conservado. Se tomaron muestras de hojarasca de 20 cm x 20 cm para la extracción de microartrópodos. En el caso de las dunas costeras también se colocó trampas pitfall elaboradas con botellas de plástico cortadas a la mitad las cuales la parte de arriba queda hacia abajo en forma de embudo donde se vierte anticongelante de automóvil para la conservación de los organismos, dichas trampas se entierran a ras de suelo para que los organismos de hábitos nocturnos caigan dentro de la trampa.

Todas las muestras de hojarasca para transportarlas al laboratorio fueron colocadas dentro de bolsas de manta que contienen etiquetas con los datos del sitio, fecha, número de muestras y coordenadas geográficas.

Se tomaron tres muestras por sitio en cada temporada: temporada de lluvias (septiembre) y temporada de secas (abril). Por cada sitio (selva baja, selva mediana, manglar y duna costera) se tomaron seis muestras. En total se tomaron 24 muestras.

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

### **Procesamiento de muestras y obtención de microartrópodos edáficos**

El método que se utilizó para la extracción de los organismos fue la siguiente:

Las muestras de hojarasca se colocaron en embudos de Berlese en el laboratorio por 5 días a temperatura ambiente. El principio por el cual funciona este método para extraer microartrópodos se basa en el fototropismo negativo que presentan los organismos y la capacidad de moverse hacia las capas profundas del suelo u hojarasca conforme se va secando. Este método comprende el empleo de embudos metálicos cuya parte superior es cubierta por una malla de 7 mm de abertura, sobre la que se deposita la muestra de hojarasca, los organismos bajan hasta caer en un frasco colector con alcohol al 70% que se encuentra en la parte inferior del embudo (Vázquez y Palacios-Vargas, 2004).

Los organismos colectados se cuantificaron, se clasificaron bajo el microscopio estereoscopio a grandes taxa (familia) y se depositaron en viales pequeños con alcohol y se les colocó etiquetas con los datos de la colecta e identificación del organismo.

### **Análisis estadísticos**

Los datos de los organismos identificados y cuantificados se capturaron en una hoja de cálculo (programa PAST) en la que se escribió el número de organismos por especies para posteriormente hacer los análisis estadísticos para conocer los índices de diversidad biológica donde:

a) Abundancia relativa (%).

b) Índice de dominancia de Simpson ( $\lambda$ ):

Este índice está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes, y se calcula la abundancia proporcional de la especie  $i$  ( $p_i$ ) que es igual a  $\frac{n_i}{N}$ : número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra a la potencia 2 (Moreno, 2001).

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

$$\lambda = \sum pi^2$$

$pi = \frac{ni}{N}$  = es la abundancia proporcional de la especie **i**.

$ni$  = número de individuos de la especie **i**.

$N$  = número total de individuos para todas las especies en la comunidad.

Como Simpson mide la dominancia, es decir, da valores de dominancia dentro de la comunidad, por tal motivo se resta 1 para estimar la diversidad. Es decir:

$$\lambda = 1 - \sum pi^2$$

Los valores de diversidad según Simpson se dan dentro de una escala de 0-1; siendo mayor cuando se aproxima a uno y menor al acercarse a cero, lo que indicaría mayor dominancia (Ñique, 2010).

c) Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ):

Este índice considera que los individuos se muestrean al azar a partir de una población indefinidamente grande y que todas las especies que componen la comunidad o hábitat están representadas en la muestra (Martella *et al.*, 2012). Se calcula multiplicando la abundancia proporcional de la especie **i** ( $pi$ ) por el Logaritmo natural (ln) por la abundancia proporcional de la especie **i** ( $pi$ ).

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

$pi$  = abundancia proporcional de la especie **i**

Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988: en Moreno, 2001).

## Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

d) Prueba t-student:

El índice de Shannon-Wiener de los sitios se compara con una prueba de t student propuesto por Hutcheson en 1970 (Moreno, 2001), calculando los grados de libertad (PAST Versión 2.09) con la fórmula:

$$g. l. = \frac{(var1+var2)^2}{(var1^2/N1)+(var2^2/N2)}$$

e) Índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ ):

El índice de Pielou mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). Se calcula a partir del valor de diversidad del índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) dividido entre el valor de la máxima diversidad esperada ( $H'_{max}$ ). Este valor se calcula del logaritmo natural por el número total de especies.

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

$H'$  es el índice de diversidad de Shannon-Wiener

$H'_{max} = \ln(S)$  Donde S es el número de especies.

f) Índice de Similitud de Sørensen ( $I_s$ ):

Expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que es una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere el cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1988; Bev y Penev, 1995; Pielou, 1975: en Moreno, 2001). Relaciona la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total en las dos muestras.

$$I_s = \frac{2c}{a+b} \times 100$$

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

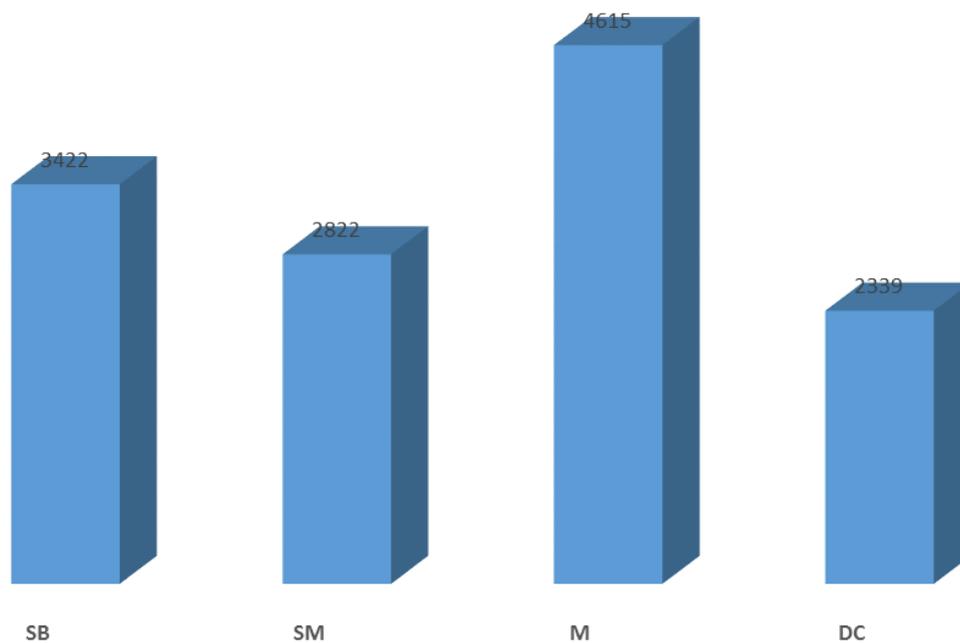
c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

# Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

## Resultados

### Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos

Se cuantificaron un total de 13198 individuos los cuales están constituidos en 70 familias entre ácaros de los grupos Oribátidos, Mesostigmados, Prostigmados e insectos Colémbolos en los sitios de selva baja, selva mediana, manglar y duna costera.

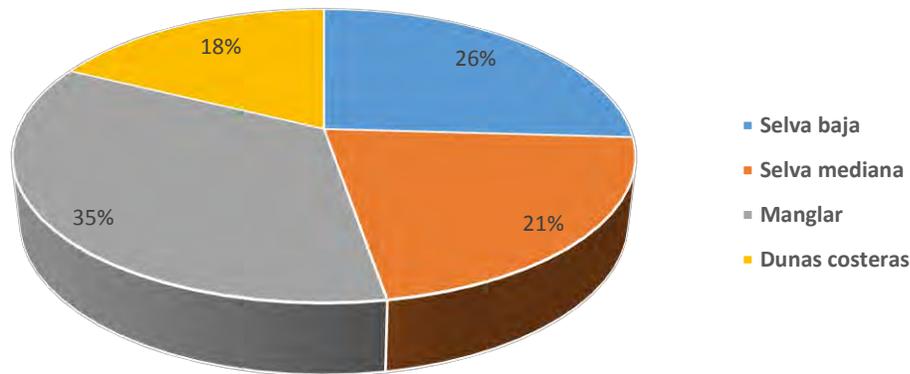


**Figura 2. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en SB (Selva Baja), SM (Selva Mediana), M (Manglar) y DC (Duna Costera) en Puerto Morelos, Q. Roo.**

### **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

El sitio en el que se cuantificó el mayor número de individuos fue en el manglar con 4615 individuos, seguido por la selva baja con 3422 organismos, la selva mediana con 2822 individuos y por último la duna costera con 2339 organismos (Fig. 2).

La abundancia relativa de microartrópodos edáficos de manglar representa el 35%, seguido por la selva baja con el 26%, posteriormente la selva mediana con el 21% y por último la duna costera con el 18% de la abundancia total (Fig. 3).



**Figura 3. Variación en la abundancia relativa de microartrópodos edáficos en los cuatro sitios de colecta: selva baja, selva mediana, manglar y duna costera.**

Las órdenes más dominantes en función a su abundancia son el de los ácaros Oribátidos (45%) y los insectos Collembola (24%), seguidos por los ácaros Mesostigmados (21%) y por último, los ácaros Prostigmados (10%).

Se cuantificó y comparó la abundancia absoluta por grupos de cada sitio:

La selva baja presenta el siguiente orden: los ácaros Oribátidos cuentan con 1493 organismos, el segundo grupo más abundante son los ácaros Mesostigmados con 762 organismos, seguido por los colémbolos con 697 organismos y por último los ácaros Prostigmados con 470 individuos. En el caso de la selva mediana se registró 1181 individuos para los Oribátidos, el seguido por los insectos

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

colémbolos con 897 organismos, seguido por los ácaros Mesostigmados con 431 organismos y posteriormente los Prostigmados con 313 organismos (Cuadro 1).

En el sitio de manglar el grupo con mayor abundancia son los ácaros Oribátidos con 2168 organismos, seguido por los ácaros Mesostigmados con 1178 organismos, el tercer grupo son los colémbolos con 1034 individuos y por último los ácaros Prostigmados con 235 organismos (Cuadro 1).

En la duna costera el grupo más abundante es el de los ácaros Oribátidos con 1152 organismos, posteriormente los colémbolos con 485 organismos, seguidos por los ácaros Prostigmados con 456 individuos y por último los ácaros Mesostigmados con 346 organismos (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Abundancia absoluta y abundancia relativa de los órdenes de microartrópodos edáficos colectados en cuatro sitios de Puerto Morelos: SB (Selva Baja), SM (Selva Mediana), M (Manglar) y DC (Duna Costera).**

<b>Grupos</b>	<b>SB</b>	<b>SM</b>	<b>M</b>	<b>DC</b>
Prostigmata	470 (14%)	313 (11%)	235 (5%)	356 (15%)
Mesostigmata	762 (22%)	431 (15%)	1178 (26%)	346 (15%)
Oribatida	1493 (44%)	1181 (42%)	2168 (47%)	1152 (49%)
Collembola	697 (20%)	897 (32%)	1034 (22%)	485 (21%)
<b>Total</b>	<b>3422 (100%)</b>	<b>2822 (100%)</b>	<b>4615 (100%)</b>	<b>2339 (100%)</b>

Al comparar la abundancia de los cuatro sitios, se observó que los ácaros Oribátidos fue el grupo con mayor abundancia en cada uno de los cuatro sitios. Mientras que el grupo con menor abundancia en selva baja, selva mediana y manglar fueron los ácaros Prostigmados (Cuadro 1).

Se cuantificaron las familias totales de microartrópodos edáficos por cada sitio:

En la selva baja se encontraron 54 familias, en el sitio de la selva mediana se registraron 52 familias, en manglar se obtuvieron 58 familias y en duna costera se presentaron 44 familias.

Las familias más abundantes de los cuatro sitios son Entomobryidae (1552), Laelapidae (986), Isotomidae (942), Protoribatidae (927), Uropodidae (806) y Cunaxidae (798). Mientras que las familias con menor abundancia son Oribatellidae (1), Lordalychidae (1), Raphignathidae (1), Tetranychidae (1), Sejidae (2) y Trachyuropodidae (2) (Cuadro 2).

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

**Cuadro 2. Distribución, abundancia absoluta y abundancia relativa de las familias de microartrópodos edáficos colectados en cuatro sitios de Puerto Morelos: SB (Selva Baja), SM (Selva Mediana), M (Manglar) y DC (Duna Costera).**

<b>Familia</b>	<b>SB</b>	<b>SM</b>	<b>M</b>	<b>DC</b>	<b>Total</b>	<b>Total (%)</b>
<b>Prostigmata</b>						
Lordalychidae	0	0	0	1 (0.04%)	1	0.01
Nanorchestidae	81 (2.37%)	21 (0.74%)	11 (0.24%)	35 (1.50%)	148	1.12
Oehserchestidae	24 (0.70%)	45 (1.59%)	2 (0.04%)	31 (1.33%)	102	0.77
Bdellidae	6 (0.18%)	10 (0.35%)	6 (0.13%)	5 (0.21%)	27	0.20
Cunaxidae	260 (7.60%)	180 (6.38%)	123 (2.67%)	235 (10.05%)	<b>798</b>	6.05
Caeculidae	7 (0.20%)	7 (0.25%)	3 (0.07%)	0	17	0.13
Eupodidae	0	2 (0.07%)	14 (0.30%)	11 (0.47%)	27	0.20
Barbutiidae	0	0	0	19 (0.81%)	19	0.14
Raphignathidae	1 (0.03%)	0	0	0	1	0.01
Smarididae	7 (0.20%)	10 (0.35%)	32 (0.69%)	0	49	0.37
Stigmaeidae	5 (0.15%)	0	0	2 (0.09%)	7	0.05
Cheyletidae	0	0	0	2 (0.09%)	2	0.02
Tetranychidae	0	0	0	1 (0.04%)	1	0.01
Trombidiidae	2 (0.06%)	7 (0.25%)	3 (0.07%)	0	12	0.09
Scutacaridae	2 (0.06%)	0	3 (0.07%)	6 (0.26%)	11	0.08
Tarsonemidae	75 (2.19%)	31 (1.10%)	38 (0.82%)	8 (0.34%)	152	1.15
<b>Mesostigmata</b>						
Ascidae	208 (6.08%)	138 (4.89%)	28 (0.61%)	112 (4.79%)	486	3.68
Laelapidae	172 (5.03%)	149 (5.28%)	456 (9.88%)	209 (8.94%)	<b>986</b>	7.47
Podocinidae	0	0	5 (0.11%)	0	5	0.04
Polyaspididae	5 (0.15%)	1 (0.04%)	70 (1.52%)	0	76	0.58
Rhodacaridae	135 (3.95%)	46 (1.63%)	0	21 (0.90%)	202	1.53
Sejidae	0	2 (0.07%)	0	0	2	0.02
Uropodidae	242 (7.07%)	95 (3.37%)	469 (10.16%)	0	<b>806</b>	6.11
Oplitidae	0	0	8 (0.17%)	0	8	0.06
Trachyuropodidae	0	0	2 (0.04%)	0	2	0.02
Urodiaspididae	0	0	140 (3.03%)	0	140	1.06
Discourellidae	0	0	0	4 (0.17%)	4	0.03
<b>Oribatida</b>						
Ctenacaridae	107 (3.13%)	164 (5.81%)	91 (1.97%)	47 (2.01%)	409	3.10
Eniochthoniidae	137 (4%)	93 (3.30%)	112 (2.43%)	10 (0.43%)	352	2.67
Mesoplophoridae	0	7 (0.25%)	115 (0.33%)	0	122	0.92
Cosmochthoniidae	0	50 (1.77%)	15 (0.33%)	8 (0.34%)	73	0.55
Sphaerochthoniidae	10 (0.29%)	34 (1.20%)	3 (0.07%)	88 (3.76%)	135	1.02
Protoplophoridae	4 (0.12%)	15 (0.53%)	1 (0.02%)	1 (0.04%)	21	0.16
Phthiracaridae	28 (0.82%)	22 (0.78%)	132 (2.86%)	29 (1.24%)	211	1.60
Euphthiracaridae	53 (1.55%)	28 (0.99%)	1 (0.02%)	27 (1.15%)	109	0.83

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

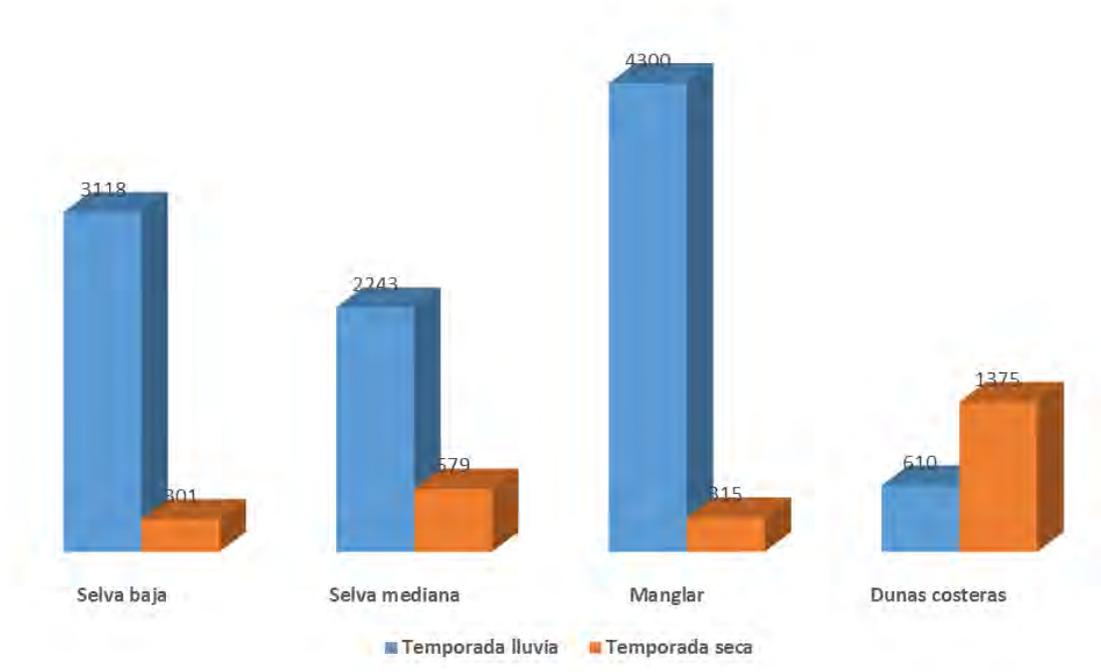
Lohmanniidae	8 (0.23%)	1 (0.04%)	0	5 (0.21%)	14	0.11
Nothriidae	1 (0.03%)	22 (0.78%)	10 (0.22%)	0	33	0.25
Thrypochthoniidae	117 (3.42%)	0	9 (0.20%)	312 (13.34%)	438	3.32
Malaconothridae	11 (0.32%)	1 (0.04%)	0	0	12	0.09
Nanhermaniidae	0	3 (0.11%)	0	0	3	0.02
Hermaniellidae	13 (0.38%)	22 (0.78%)	33 (0.72%)	25 (1.07%)	93	0.70
Liodidae	72 (2.10%)	46 (1.63%)	37 (0.80%)	1 (0.04%)	156	1.18
Gymnodameidae	2 (0.06%)	0	27 (0.59%)	0	29	0.22
Damaeidae	82 (2.40%)	152 (5.39%)	289 (6.26%)	99 (4.23%)	622	4.71
Microtegeidae	1 (0.03%)	10 (0.35%)	100 (2.17%)	1 (0.04%)	112	0.85
Charassobatidae	39 (1.14%)	12 (0.43%)	16 (0.35%)	0	67	0.51
Microzetidae	29 (0.85%)	52 (1.84%)	34 (0.74%)	0	115	0.87
Eremulidae	5 (0.15%)	5 (0.18%)	1 (0.02%)	29 (1.24%)	40	0.30
Eremobelbidae	20 (0.58%)	16 (0.57%)	50 (1.08%)	0	86	0.65
Zetorchestidae	5 (0.15%)	0	2 (0.04%)	0	7	0.05
Xenyllidae	7 (0.20%)	2 (0.07%)	7 (0.15%)	0	16	0.12
Astegistidae	41 (1.20%)	27 (0.96%)	165 (3.58%)	0	233	1.77
Carabodidae	145 (4.24%)	135 (4.78%)	240 (5.20%)	52 (2.22%)	572	4.33
Dampfiellidae	1 (0.03%)	12 (0.43%)	4 (0.09%)	0	17	0.13
Oppiidae	69 (2.02%)	6 (0.21%)	18 (0.39%)	37 (1.58%)	130	0.98
Mochlozetidae	14 (0.41%)	4 (0.14%)	8 (0.17%)	14 (0.60%)	40	0.30
Xylobatidae	34 (0.99%)	5 (0.18%)	4 (0.09%)	92 (3.93%)	135	1.02
Protoribatidae	272 (7.95)	139 (4.93%)	367 (7.95%)	149 (6.37%)	<b>927</b>	7.02
Schelorbitidae	19 (0.56%)	0	6 (0.13%)	1 (0.04%)	26	0.20
Haplozetidae	65 (1.90%)	39 (1.38%)	138 (2.99%)	1 (0.04%)	243	1.84
Nasobatidae	9 (0.26%)	7 (0.25%)	5 (0.11%)	0	21	0.16
Ceratozetidae	9 (0.26%)	0	1 (0.02%)	0	10	0.08
Oribatellidae	0	0	1 (0.02%)	0	1	0.01
Galumnidae	64 (1.87%)	50 (1.77%)	126 (2.73%)	124 (5.30%)	364	2.76
<b>Collembola</b>						
Hypogastruridae	42 (1.23%)	16 (0.57%)	19 (0.41%)	46 (1.97%)	123	0.93
Neanuridae	0	4 (0.14%)	5 (0.11%)	69 (2.95%)	78	0.59
Isotomidae	33 (0.96%)	537 (19.03%)	345 (7.48%)	27 (1.15%)	<b>942</b>	7.14
Entomobryidae	579 (16.92%)	272 (9.64%)	386 (8.36%)	315 (13.47%)	<b>1552</b>	11.76
Sminthuridae	39 (1.14%)	60 (2.13%)	268 (5.81%)	27 (1.15%)	394	2.99
Neelidae	4 (0.12%)	8 (0.28%)	11 (0.24%)	1 (0.04%)	24	0.18
<b>Total</b>	<b>3422</b>	<b>2822</b>	<b>4615</b>	<b>2339</b>	<b>13198</b>	<b>100</b>

## Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México

Algunas familias aparecieron de forma exclusiva en algunos sitios como en el caso de la selva baja se encontró Raphignathidae; en selva mediana aparece Sejidae y Nanhermaniidae; en manglar se encuentra Oplitidae, Podocinidae, Trachyuropodidae, Urodiaspididae y Oribatellidae; y en duna costera Discourellidae, Lordalychidae, Barbutiidae y Cheyletidae (Cuadro 2).

Variación en la abundancia en temporada de lluvias y secas.

La abundancia de microartrópodos edáficos se incrementó en los cuatro sitios para la temporada de lluvias, siendo más notoria el número de la abundancia para el manglar y la selva baja; sin embargo, en la temporada de secas el número de organismos disminuyó en todos los sitios excepto en la duna costera, que registró un número de organismos mayor que selva baja, selva mediana y manglar (Fig. 4).



**Figura 4. Variación en la abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en temporada de lluvias y secas.**

### **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

Se presentan variaciones en la abundancia de los organismos en la temporada de lluvias y secas en los cuatro sitios. En selva baja se registró la mayor abundancia durante la temporada de lluvias presentando 3118 individuos y en la época de secas se registró 301 individuos. En el caso de la selva mediana se presentó 2243 individuos en la temporada de lluvias, mientras que en la época de secas se registró una menor abundancia con 579 individuos. En el sitio de manglar se registraron 4300 individuos para la temporada de lluvias y en temporada de secas se encontró 315 individuos. En la duna costera se encontró 610 individuos en la época de lluvias y 1729 individuos en la época de secas.

Comparando el número de las familias de microartrópodos edáficos por cada sitio en las dos temporadas, se presentan variaciones en cuanto a la distribución de las familias. En la selva baja se registraron 50 familias en la temporada de lluvias y en la temporada de secas 28 familias; en la selva mediana durante la temporada de lluvias se encontraron 40 familias y 39 familias para la temporada de secas; para el sitio de manglar se contabilizaron 56 familias para la temporada de lluvias y 23 familias en la temporada de secas; y por último, la duna costera se registraron 31 familias en la temporada de lluvias y 34 familias en temporada de secas (Cuadro 3).

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

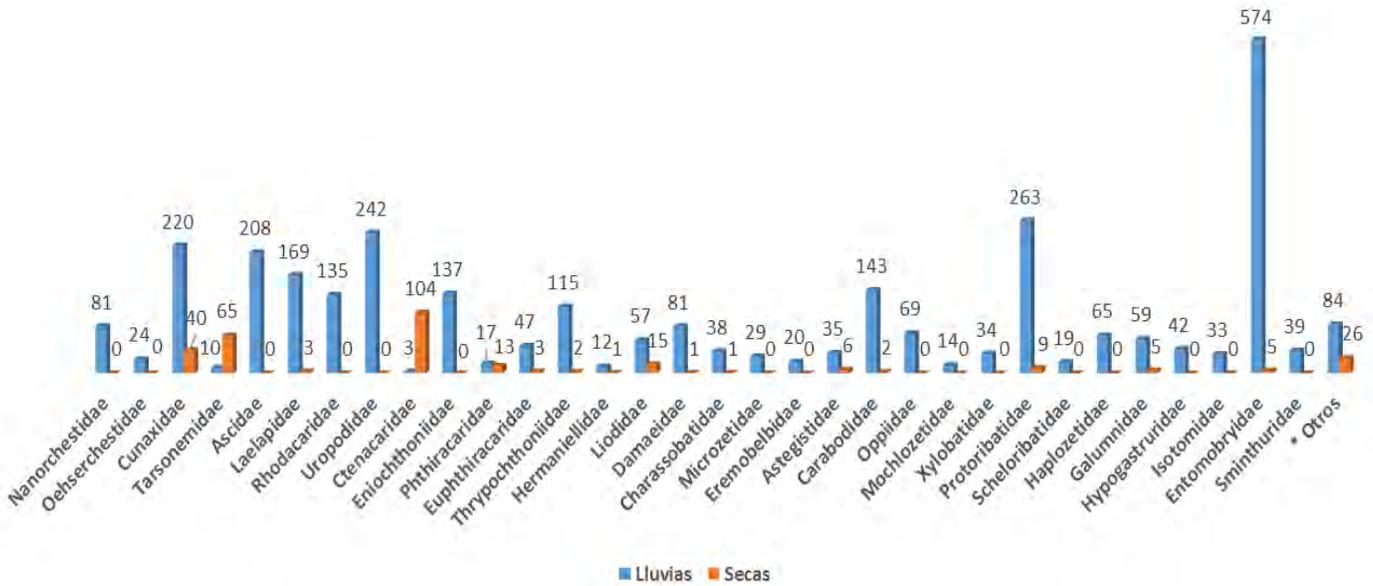
**Cuadro 3. Distribución de las familias de microartrópodos y su abundancia absoluta en cuatro sitios: selva baja, selva mediana, manglar y duna costera, en temporada de lluvias y secas.**

Familia	Selva baja		Selva mediana		Manglar		Duna costera	
	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
<b>Prostigmata</b>								
Lordalychidae	0	0	0	0	0	0	1	0
Nanorchestidae	81	0	21	0	11	0	0	35
Oehserchestidae	24	0	33	12	2	0	31	0
Bdellidae	5	1	6	4	6	0	2	3
Cunaxidae	<b>220</b>	<b>40</b>	<b>163</b>	17	86	<b>37</b>	<b>129</b>	106
Caeculidae	2	5	3	4	3	0	0	0
Eupodidae	0	0	0	2	14	0	0	11
Barbutiidae	0	0	0	0	0	0	17	2
Raphignathidae	0	1	0	0	0	0	0	0
Smarididae	6	1	4	6	14	18	0	0
Stigmaeidae	0	5	0	0	0	0	2	0
Cheyletidae	0	0	0	0	0	0	2	0
Tetranychidae	0	0	0	0	0	0	1	0
Trombidiidae	2	0	5	2	3	0	0	0
Scutacaridae	2	0	0	0	3	0	0	6
Tarsonemidae	10	<b>65</b>	21	10	30	8	1	7
<b>Mesostigmata</b>								
Ascidae	<b>208</b>	0	<b>138</b>	0	28	0	<b>64</b>	48
Laelapidae	169	3	136	13	<b>456</b>	0	9	<b>200</b>
Podocinidae	5	0	0	0	5	0	0	0
Polyaspididae	0	0	0	1	0	0	0	0
Rhodacaridae	135	0	39	7	70	0	0	21
Sejidae	0	0	2	0	0	0	0	0
Uropodidae	<b>242</b>	0	93	2	<b>469</b>	0	0	0
Oplitidae	0	0	0	0	8	0	0	0
Trachyuropodidae	0	0	0	0	2	0	0	0
Urodiaspididae	0	0	0	0	122	18	0	0
Discourellidae	0	0	0	0	0	0	0	4
<b>Oribatida</b>								
Ctenacaridae	3	<b>104</b>	0	<b>164</b>	32	<b>59</b>	47	0
Eniochthoniidae	137	0	93	0	112	0	0	10
Mesoplophoridae	0	0	0	7	114	1	0	0
Cosmochthoniidae	0	0	0	<b>50</b>	6	9	7	1
Sphaerochthoniidae	4	6	0	34	0	3	26	62
Protoplophoridae	0	2	0	15	0	1	1	0

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

Phthiracaridae	17	13	0	22	122	10	11	18
Euphthiracaridae	47	3	28	0	1	0	1	26
Lohmanniidae	8	0	0	1	0	0	2	3
Nothriidae	1	0	11	11	10	0	0	0
Thrypochthoniidae	115	2	0	0	9	0	27	<b>285</b>
Malaconothridae	10	1	0	1	0	0	0	0
Nanhermaniidae	0	0	3	0	0	0	0	0
Hermaniellidae	12	1	8	14	31	2	0	25
Liodidae	57	15	37	9	35	2	1	0
Gymnodameidae	2	0	0	0	25	2	0	0
Damaeidae	81	1	<b>145</b>	7	286	3	29	70
Microtegeidae	0	1	8	2	6	<b>94</b>	1	0
Charassobatidae	38	1	12	0	16	0	0	0
Microzetidae	29	0	43	9	34	0	0	0
Eremulidae	5	0	5	0	1	0	0	29
Eremobelbidae	20	0	15	1	49	1	0	0
Zetorchestidae	4	1	0	0	2	0	0	0
Xenyllidae	6	1	1	1	7	0	0	0
Astegistidae	35	6	27	27	165	0	0	0
Carabodidae	143	2	112	23	225	15	2	50
Dampfelliidae	1	0	12	0	4	0	0	0
Oppiidae	69	0	6	0	18	0	0	37
Mochlozetidae	14	0	4	0	8	0	0	14
Xylobatidae	34	0	2	3	3	1	<b>85</b>	7
Protoribatidae	<b>263</b>	9	119	20	<b>349</b>	18	0	<b>149</b>
Scheloribatidae	19	0	0	0	6	0	1	0
Haplozetidae	65	0	25	14	133	5	0	1
Nasobatidae	8	1	3	4	5	0	0	0
Ceratozetidae	9	0	0	0	1	0	0	0
Oribatellidae	0	0	0	0	1	0	0	0
Galumnidae	59	5	36	14	126	0	4	<b>120</b>
<b>Collembola</b>								
Hypogastruridae	42	0	15	1	19	0	36	10
Neanuridae	0	0	0	4	5	0	1	68
Isotomidae	33	0	<b>535</b>	2	<b>341</b>	4	13	14
Entomobryidae	<b>574</b>	5	<b>223</b>	<b>49</b>	<b>383</b>	3	54	<b>261</b>
Sminthuridae	39	0	44	16	267	1	2	25
Neelidae	4	0	4	1	11	0	0	1

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**



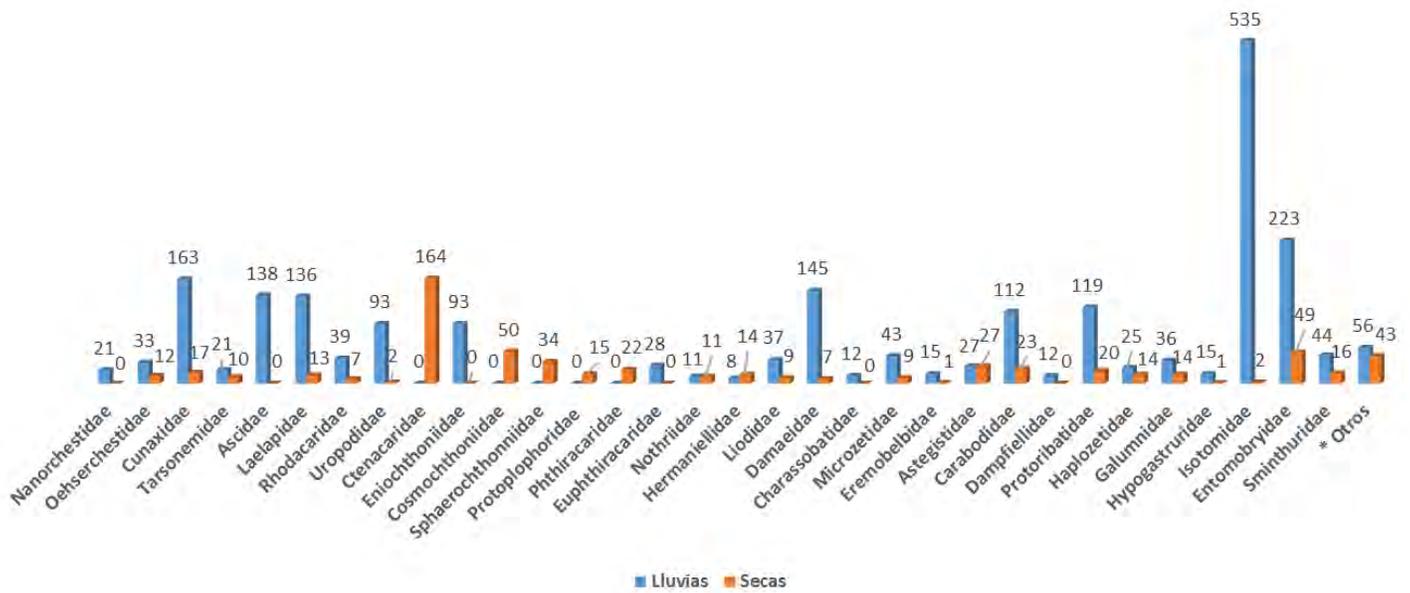
Nota: \*Otros incluye familias que presentan menos de 10 individuos: Bdellidae, Caeculidae, Raphignathidae, Smarididae, Stigmaeidae, Trombidiidae, Scutacaridae, Podocinidae, Sphaerochthoniidae, Protoplophoridae, Lohmanniidae, Nothriidae, Malaconothridae, Gymnodameidae, Microtegeidae, Eremulidae, Zetorchestidae, Xenyllidae, Dampfiellidae, Nasobatidae, Ceratozetidae y Neelidae.

**Figura 5. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en la selva baja inundable en temporada de lluvias y secas.**

En la selva baja las familias más abundantes en la época de lluvias fueron: Entomobryidae (574), Protoribatidae (263), Uropodidae (242), Cunaxidae (220) y Ascidae (208). Las familias con menor abundancia fueron: Nothriidae (1), Dampfiellidae (1), Caeculidae (2), Trombidiidae (2) y Scutacaridae (2). Fig. 5.

En la época de secas las familias que más abundaron fueron: Ctenacaridae (104), Tarsonemidae (65) y Cunaxidae (65). Las familias que presentaron menor abundancia son las siguientes: Malaconothridae (1), Hermaniellidae (1), Damaeidae (1), Microtegeidae (1), Charassobatidae (1), Zetorchestidae (1), Xenyllidae (1), Carabodidae (1), Nasobatidae (1), Bdellidae (1), Raphignathidae (1) y Smarididae (1). Fig. 5.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**



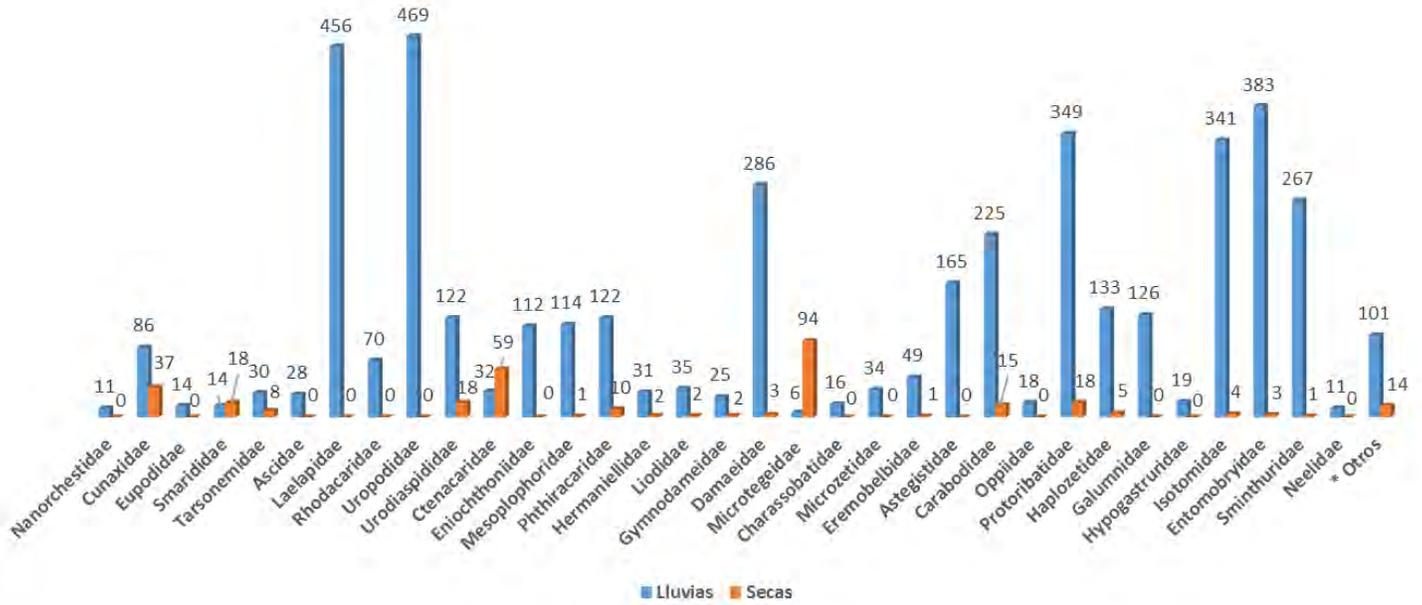
Nota: \*Otros incluye familias que presentan menos de 10 individuos: Bdellidae, Caeculidae, Eupodidae, Smarididae, Trombidiidae, Polyaspididae, Sejidae, Mesoplophoridae, Lohmanniidae, Malaconothridae, Nanhermaniidae, Microtegeidae, Eremulidae, Xenyllidae, Oppiidae, Mochlozetidae, Xylobatidae, Nasobatidae, Neanuridae y Neelidae.

**Figura 6. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en la selva mediana subcaducifolia en temporada de lluvias y secas.**

En selva mediana las familias más abundantes durante la temporada de lluvias fueron: Isotomidae (535), Entomobryidae (223), Cunaxidae (163), Damaeidae (145), Ascidae (138) y Laelapidae (136). Se registró a las familias con menor abundancia para la temporada de lluvias: Xenyllidae (1), Sejidae (2), Xylobatidae (2), Nanhermaniidae (3), Nasobatidae (3) y Caeculidae (3). Fig. 6.

En la temporada de secas las familias que presentaron un mayor número de organismos fueron: Ctenacaridae (164), Cosmochthoniidae (50) y Entomobryidae (49). Mientras que las familias que presentaron menor abundancia fueron: Polyaspididae (1), Lohmanniidae (1), Malaconothridae (1), Microtegeidae (1), Eremobelbidae (1), Xenyllidae (1), Hypogastruridae (1), Isotomidae (1) y Neelidae (1). Fig. 6.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**



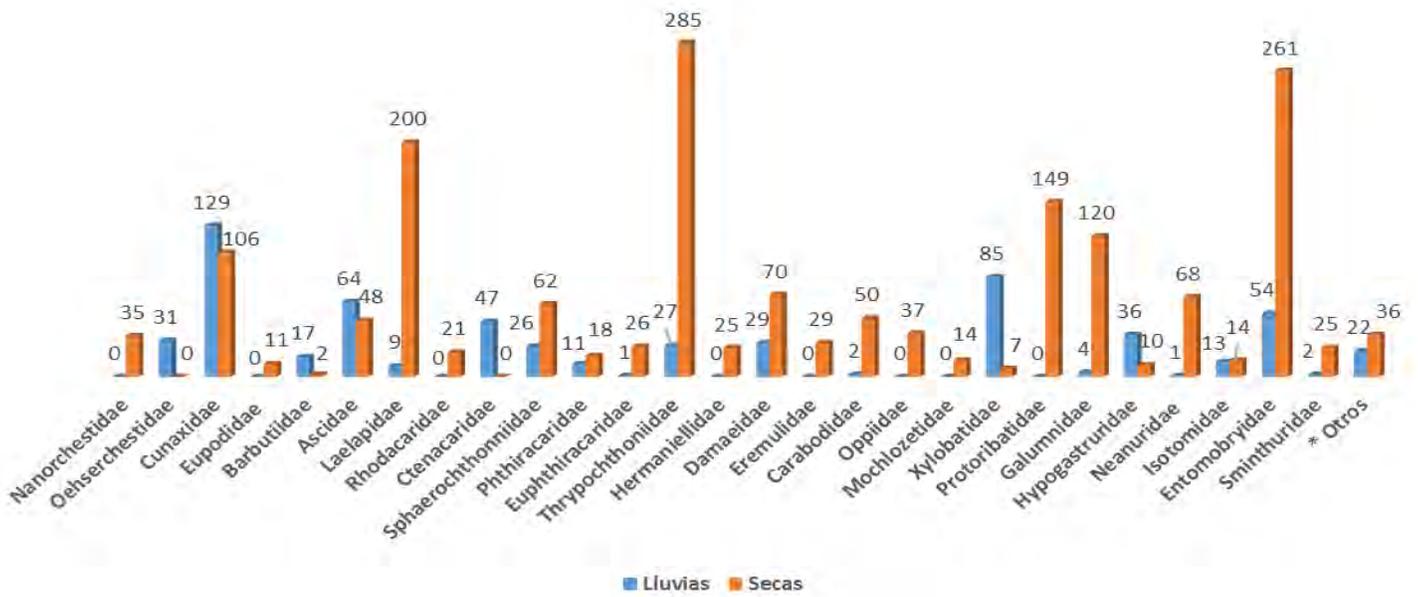
Nota: \*Otros incluye familias que presentan menos de 10 individuos: Oehserchestidae, Bdellidae, Caeculidae, Trombidiidae, Scutacaridae, Podocinidae, Oplitidae, Trachyuropodidae, Cosmochthoniidae, Sphaerochthoniidae, Protoplophoridae, Euphthiracaridae, Nothriidae, Thrypochthoniidae, Eremulidae, Zetorchestidae, Xenyllidae, Dampfiellidae, Mochlozetidae, Xylobatidae, Scheloribatidae, Nasobatidae, Ceratozetidae, Oribatellidae y Neanuridae.

**Figura 7. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en el manglar en temporada de lluvias y secas.**

En el sitio de manglar las familias más abundantes en la época de lluvias fueron: Uropodidae (459), Laelapidae (456), Entomobryidae (383), Protoribatidae (349) e Isotomidae (341). Las familias que presentaron un menor número de organismos fueron: Euphthiracaridae (1), Eremulidae (1), Ceratozetidae (1) y Oribatellidae (1). Fig. 7.

En la temporada de secas las familias con mayor abundancia fueron: Microtegeidae (94), Ctenacaridae (59), y Cunaxidae (37). Las familias con menos abundancia fueron las siguientes: Urodiaspididae (1), Mesoplophoridae (1), Protoplophoridae (1), Eremobelbidae (1), Xylobatidae (1) y Sminthuridae (1). Fig. 7.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**



Nota: \*Otros incluye familias que presentan menos de 10 individuos: Lordalychidae, Bdelellidae, Stigmaeidae, Cheyletidae, Tetranychidae, Scutacaridae, Tarsonemidae, Discourellidae, Eniochthoniidae, Cosmochthoniidae, Protoplophoridae, Lohmanniidae, Liodidae, Microtegeidae, Scheloribatidae, Haplozetidae y Neelidae.

**Figura 8. Abundancia absoluta de microartrópodos edáficos en la duna costera en temporada de lluvias y secas.**

En la duna costera durante la época de lluvias se observó la mayor abundancia para las familias: Cunaxidae (129), Xylobatidae (85), Ascidae (64) y Entomobryidae (54). Las familias menos abundantes fueron: Protoplophoriidae (1), Euphthiracaridae (1), Liodidae (1), Microtegeidae (1), Scheloribatidae (1), Lordalychidae (1), Tarsonemidae (1), Tetranychidae (1) y Neanuridae (1). Fig. 8.

En la época de secas se registró a las familias más numerosas las cuales fueron: Thrypochthoniidae (285), Entomobryidae (261), Laelapidae (200), Protoribatidae (149) y Sphaerochthoniidae (125). Las familias que presentaron menor abundancia fueron: Cosmochthoniidae (1), Haplozetidae (1), Neelidae (1), Barbutiidae (2) y Lohmanniidae (3). Fig. 8.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

**Índices de diversidad de microartrópodos edáficos**

Se calculó el índice de dominancia de Simpson ( $\lambda$ ), el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y el índice de equitatividad de Pielou ( $J'$ ). El valor más alto de diversidad  $H'=3.179$  de selva baja y presenta el valor más alto de equitatividad  $J'=0.797$ . Es decir, selva baja tiene una mayor diversidad de familias y sus abundancias son más uniformes.

El manglar registra el valor más alto de dominancia  $\lambda=0.943$  y el valor más bajo de equitatividad  $J=0.778$ . Es decir, en este sitio la abundancia de las familias son las menos uniformes, por lo tanto, está determinada por unas pocas familias (Uropodidae, Laelapidae, Entomobryidae, Isotomidae y Protoribatidae).

El sitio que presentó menos diversidad fue la duna costera  $H'=2.979$  y presentó un valor del índice de equitatividad bajo  $J'=0.787$ . Al presentar el valor de dominancia alto  $\lambda=0.928$  cerca del valor máximo (1) de dominancia significa que hay pocas familias dominantes (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Comparación de los índices de diversidad: Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), Dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y Equitatividad de Pielou ( $J'$ ) en los cuatro sitios.**

	Selva baja	Selva mediana	Manglar	Duna costera
<b>Índice de Simpson (<math>\lambda</math>)</b>	0.936	0.929	0.943	0.928
<b>Índice de Shannon (<math>H'</math>)</b>	3.179	3.118	3.160	2.979
<b>Índice de Pielou (<math>J</math>)</b>	0.797	0.789	0.778	0.787

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

**Prueba t-student**

Se realizó una prueba de t student para comparar los índices de Shannon-Wiener de los sitios estudiados en Puerto Morelos. Con ajustes de Bonferroni, en la que se calcula el nivel de significación dividiendo el error de tipo I (95% de confianza y un error del 5%) entre el número de pruebas (López-González y Márquez-Linares, 2004).

**Cuadro 5. Comparación de los índices de Shannon-Wiener a través de la prueba t-student para los cuatro sitios con corrección de Bonferroni ( $p=0.05/4=0.01$ ). \* = es significativo.**

	<b>Selva baja</b>	<b>Selva mediana</b>	<b>Manglar</b>	<b>Duna Costera</b>
<b>Selva baja</b>		$t_{(5878)}=2.24$	$t_{(7050)}=0.75$	$t_{(5202)}=7.32^*$
<b>Selva mediana</b>			$t_{(5368)}=-1.74$	$t_{(5132)}=4.70^*$
<b>Manglar</b>				$t_{(4616)}=7.27^*$
<b>Duna costera</b>				

Al realizar las comparaciones con el valor correspondiente de la tabla de distribución t, existen diferencias significativas entre los sitios selva baja y duna costera ( $t_{5202}=7.32$ ), manglar y duna costera ( $t_{4616}=7.27$ ) y selva mediana y duna costera ( $t_{5132}=4.70$ ). En los tres casos la diversidad no es igual entre los sitios.

Mientras que en selva mediana y manglar ( $t_{5368}=-1.74$ ), selva baja y manglar ( $t_{7050}=0.75$ ) y selva baja y selva mediana ( $t_{5878}=2.24$ ) no son significativos. Es decir, que estos sitios presentan mayor similitud en su diversidad.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

**Índice de similitud de Sørensen**

Se calculó el índice de similitud de Sørensen ( $I_s$ ) para medir el grado de semejanza entre los sitios. Según los valores presentados, los sitios de selva baja y manglar presentan mayor similitud en un 84.80%, ya que comparten la mayor parte de familias. Mientras que los sitios de selva mediana y duna costera comparten el menor número de familias presentado en un índice de 56.60%. (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Comparación del índice de Sørensen (%) por sitio.**

	<b>Selva baja</b>	<b>Selva mediana</b>	<b>Manglar</b>	<b>Duna costera</b>
<b>Selva baja</b>		84.21	84.80	57.69
<b>Selva mediana</b>			81.89	56.60
<b>Manglar</b>				59.83
<b>Duna costera</b>				

## **Discusión**

### **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos en selva baja, selva mediana, manglar y duna costera de Puerto Morelos.**

En el presente trabajo se tomó en cuenta a los grupos principales que conforman a los microartrópodos edáficos categorizados zoológicamente como mesofauna (100 a 200  $\mu\text{m}$ ) son: ácaros Oribátidos, ácaros Mesostigmados, ácaros Prostigmados e insectos Collembola. Su importancia radica en que se encargan de las funciones relacionadas con la destrucción física de los residuos orgánicos preparándolo para la posterior labor de la microfauna (Chocobar, 2010). Sin embargo, el estudio de las comunidades de microartrópodos del suelo facilita el trabajo con bioindicadores de cambios en el sistema, ya sea por causas naturales o antrópicas (Herrera y Cuevas, 2003).

Para Puerto Morelos, en general, los ácaros Oribátidos representan el 45% de la abundancia relativa total, seguida por los insectos Collembola con el 24%, los Mesostigmados con el 21% y, por último, los Prostigmados con el 10%. En México se conocen 264 familias de ácaros (Palacios-Vargas *et al.*, 2009) de los cuales se encontraron para el presente estudio 16 familias de Prostigmados, 11 familias de Mesostigmados y 37 familias de Oribátidos. Mientras que en el caso de los insectos Collembola se tienen registrados 22 familias para el país (Palacios-Vargas *et al.*, 2009) de las que se encontraron 6 familias.

Los ácaros Oribátidos fueron el grupo que presentó una mayor riqueza, así como una abundancia alta en los cuatro sitios, ya que presentan una capacidad de adaptación a todo tipo de hábitats (Gergócs y Hufnagel, 2009). El grupo con mayor abundancia después de los ácaros Oribátidos son los Mesostigmados en los sitios de selva baja y manglar; mientras que en selva mediana y duna costera lo hacen los colémbolos. Y el grupo de los ácaros Prostigmados es el que presenta menor abundancia en selva baja, selva mediana y manglar.

La mayor riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos se presentó en la temporada de lluvias para todos los sitios, excepto en la duna costera. Según Cutz-Pool *et al.* (2014) no existe una relación significativa entre la temperatura y la abundancia de los microartrópodos, pero si una

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

relación significativa entre la abundancia de los mismos y la humedad. En algunos trabajos realizados en musgos corticícolas de selvas bajas inundables de Quintana Roo (Cutz-Pool *et al.*, 2012; 2014; 2016; Varguez Noh y Cutz-Pool, 2013) registran la mayor abundancia y riqueza de microartrópodos para la temporada de lluvias, indicando que la humedad es un factor limitante para la distribución de las comunidades de microartrópodos. De igual manera en el litoral de la bahía de la ciudad de Chetumal se encontró la mayor abundancia de ácaros Oribátidos en la época de lluvias. La humedad beneficia el crecimiento de las poblaciones de microbios y hongos que constituyen una fuente de alimento para una gran parte de artrópodos edáficos (Tome Reyna *et al.*, 2015).

En la selva baja inundable se contabilizaron 3422 organismos agrupados en 54 familias; y en la selva mediana subcaducifolia se registró 2822 organismos y 52 familias. En ambos sitios la diversidad de microartrópodos edáficos se reduce durante la temporada de secas, pero en la temporada de lluvias aumenta tanto su riqueza como su abundancia, debido a que ambos ecosistemas presentan características similares. Concordando con un estudio realizado por Cutz-Pool *et al.* (2012) en tres biotopos de una selva baja inundable de Quintana Roo, se encontró menos riqueza y abundancia de microartrópodos en el suelo para la temporada de secas, mientras que la mayor diversidad se presentó en el dosel del árbol. Debido a que las epífitas son una fuente de humedad durante la época de secas, por lo que muchos organismos emigran verticalmente del suelo al dosel. La observación antes mencionada puede concordar con los resultados de este trabajo, ya que se pueden encontrar varias especies de plantas epífitas presentes en las selvas baja y mediana de Puerto Morelos.

La selva baja inundable y selva mediana subcaducifolia presentan suelos rocosos de fácil drenaje y acumulan mayor cantidad de materia orgánica (Instituto Nacional de Ecología, 2000). Los suelos de las selvas tropicales son suelos poco profundos y frágiles, sin embargo, la acumulación de materia orgánica (la mayor parte hojarasca) y los procesos de descomposición lo convierten en suelos valiosos para contrarrestar los efectos del calentamiento global y el efecto invernadero a través de la captura y almacén del carbono, a diferencia de los bosques de manglares en donde los procesos de descomposición ocurre lentamente debido a la falta de oxígeno (Arellano Martín y Andrade, 2016).

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

Los grupos más representativos para estos ecosistemas son los ácaros Oribátidos, insectos Collembola y los ácaros Mesostigmados. En la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an se presentó una abundancia mayor en el Orden de Oribátida con 59 familias en la que destacan las familias Oppidae, Pthiracaridae, Trhypochthonidae, Gymnodameidae, Lohmanniidae, Malaconothriidae, Microzetidae, y Nothriidae; y Prostigmata, mientras que en Noh-Bec predominan los Uropodina en la que se encontraron 15 familias de las cuales destacan los Uropodidae, Trachyuropodidae, Urodinychidae, y Trigonuropodidae (Vázquez, 2011). En las selvas de la isla de Cozumel la mayor riqueza y abundancia se registró para los ácaros Oribátida de 43 familias, seguido por Prostigmata, Mesostigmata-Uropodina, Notostigmata y Astigmata (Vázquez, 2012). Respecto a los colémbolos asociados a las selvas tropicales de Quintana Roo se registraron 79 especies en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, 107 especies en la selva subperennifolia del ejido de Noh Bec (Cutz-Pool *et al.*, 2010) y en Cozumel se encontró 16 especies distribuidas en 6 familias (Vázquez, 2012).

En la selva baja inundable se encontró que los Cunaxidae, Nanorchestidae y Tarsonemidae son las familias de ácaros más abundantes del orden de los Prostigmata. Para los Mesostigmata las familias más dominantes fueron los Uropodidae, Ascidae y Laelapidae. En el caso de los ácaros Oribátida las familias más destacadas fueron Protoribatidae, Carabodidae, Thrypochthoniidae y Ctenacaridae. Respecto a los insectos Collembola la familia más representativa fueron los Entomobryidae.

En la selva mediana subcaducifolia para el orden de los ácaros Prostigmata las familias más representativas fueron los Cunaxidae, Oehserchestidae y Tarsonemidae. En los ácaros Mesostigmata, las familias más abundantes son los Laelapidae, Ascidae y Uropodidae. Las familias Ctenacaridae, Damaidae, Protoribatidae, y Carabodidae son las más dominantes para el grupo de los Oribátidos. Por último, las familias más notables para los Collembola son los Isotomidae y Entomobryidae.

El sitio que presentó la mayor abundancia fue el manglar donde se encontraron 4615 individuos, mientras que selva baja es el segundo sitio más abundante, seguido por selva mediana, y, por último, la duna costera registró la menor abundancia. En total este sitio presentó 58 familias entre ácaros Oribátidos, ácaros Mesostigmados, ácaros Prostigmados y los insectos Collembola. La mayor diversidad se encontró en la selva baja  $H' = 3.179$  con una abundancia de 3422, en donde también observó una riqueza alta de familias con 54, las abundancias están mejor distribuidas en

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

estas familias según el índice de dominancia  $\lambda=0.936$ , sin embargo el manglar a pesar de presentar el mayor número de familias 58 y la mayor abundancia 4615 tiene una diversidad menor  $H=3.160$  que la selva baja presenta un valor de  $\lambda=0.943$  mayor que la selva baja  $\lambda=0.936$  donde se ve reflejado que un número menor de familias presenta mayores abundancias. Al comparar la abundancia absoluta de todos los sitios, se esperaba que los más abundantes fueran los sitios pertenecientes a la selva tropical. Pero existe una razón por lo que el sitio de manglar presentó mayor abundancia de organismos: el manglar que está presente en el jardín botánico de Puerto Morelos forma diferentes asociaciones vegetales, entre entre *Conacarpus erecta*, *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle* y especies de selva mediana como el julub (*Bravaisia berlandiera*) y limonsillo (*Jacquinia macrocarpa*) formando franjas ecotonales, por lo que se encontró una alta abundancia de microartrópodos edáficos. Los ecotonos son líneas de transición entre dos comunidades de vegetación en la que hay un intercambio de especies convirtiéndose en una zona con mayor diversidad (Camarero y Fortin, 2006). Un caso similar fue un estudio sobre los manglares de dos lagunas de la isla de Cozumel realizado por García-Gómez *et al.* (2014), en la que se encontraba el ambiente terrestre con el marino, deduciendo también como factor el espacio.

Para la temporada de lluvias se registró una mayor abundancia y poca abundancia para la temporada de secas, ya que existe una relación positiva entre la humedad y la abundancia total de artrópodos edáficos. En los manglares de Cozumel presentó un resultado similar, ya que existe una relación positiva entre la humedad y la abundancia total de artrópodos edáficos (García-Gómez *et al.*, 2014).

El tipo de vegetación y la temporalidad son factores que tienen influencia sobre la riqueza y abundancia de los microartrópodos edáficos. Otro factor que está involucrado es el tipo de suelo, en general los suelos del manglar carecen de drenaje, con poca acumulación de residuos vegetales en descomposición y son salinos, sin embargo los suelos son pocos profundos y algunos organismos se adaptan a estas condiciones como el grupo de los insectos Collembola, las familias que sobresalen durante la época de lluvia son los Entomobryidae e Isotomidae ya que los colémbolos están relacionados con la humedad, en general estas dos familias son las que más abundan y con mayor frecuencia se encuentran.

De los ácaros Mesostigmados presentes en el manglar, las familias con mayor abundancia son los Uropodidae y Laelapidae durante la temporada de lluvias. Los Uropodinos se han encontrado en

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

suelos ricos en materia orgánica, principalmente en las selvas tropicales, sin embargo, el sustrato en la que crece el manglar no presenta las condiciones para que el número de Uropodinos crezca especialmente en la época de lluvia, no obstante, las escorrentías causadas por las lluvias pueden ser un factor elemental. La ligera topografía, la estructura de los tipos de vegetación y las fuertes lluvias provocan un ligero arrastre de sustrato desde selva mediana hasta el manglar. Tal vez este efecto no solo remueve el sustrato, también la materia orgánica acumulándose en los suelos del manglar. Es probable que los Uropodinos sean uno de los grupos más importantes para manglar, ya que el estudio realizado por Vázquez (2008) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, los Uropodinos junto con los Oribátidos presentaron mayor riqueza y abundancia.

En cuanto al orden de los Oribátidos la familia que presentó mayor abundancia absoluta fue Protoribatidae. Mientras que en la época de secas son Microtegeidae y Ctenacaridae. Difiere de lo encontrado por Tome Reyna *et al.* (2015), en la Bahía de Chetumal en donde se registró a las familias Haplozetidae y Oppidae como las más abundantes. El grupo de los Prostigmatas presentó menos abundancia en la que predomina la familia Cunaxidae, debido a que son depredadores y se alimentan de ácaros de distintos órdenes y colémbolos, por lo que juegan un papel significativo en la densidad de la población (Mejía-Recamier y Castaño-Meneses, 2007).

En los manglares de Cozumel se presentó una alta abundancia de artrópodos edáficos en donde dominaron los ácaros Oribátidos, insectos Collembola y los ácaros Mesostigmados. Por lo que a través de la abundancia de estos grupos se concluyó que el hábitat edáfico del manglar es parecido al ambiente terrestre de la selva tropical (García-Gómez *et al.*, 2014). Es decir, en el caso del manglar además de la cubierta vegetal, el tipo de suelo y la temporalidad, también el espacio juega un papel importante.

La duna costera presentó la menor abundancia con un total de 2339 organismos y 44 familias. Debido a las características que presenta este tipo de vegetación se esperaba que presentara menos riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos. Se han llevado a cabo pocos estudios acerca de los microartrópodos edáficos asociados a dunas costeras por lo que existe poco conocimiento acerca de estos organismos. Un estudio realizado por López-Chan *et al.* (2014), encontraron que la duna costera es un ecosistema muy dinámico. Las colectas se realizaron en una playa de Cancún y en una playa de Playa del Carmen, en el primer sitio se encontró con 2962 organismos pertenecientes a la clase Acari y 2 del orden Collembola; en el segundo sitio se encontró 790

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

individuos de la clase Acari y 139 insectos del orden Collembola. La ausencia de colémbolos en la playa de Cancún es debido a que la playa es extensa y presenta una pendiente muy marcada, por lo tanto, no favorece a la acumulación de materia orgánica.

En este caso la duna costera de la Estación CONANP-UNAM presentó 1152 individuos del orden de los Oribátidos, 485 Colémbolos, 356 Prostigmados, y 346 Mesostigmados. La particularidad que presenta la duna costera y el matorral costero de Puerto Morelos es que forma asociaciones con mangle botoncillo (*Conacarpus erectus*) y en general el sustrato está en transición entre arena y materia orgánica (Elizondo *et al.*, 2011). En la temporada de secas la duna costera presentó más abundancia de microartrópodos edáficos que en la época de lluvias. Este hecho puede explicarse por el tipo de sustrato en la que se desarrollan las dunas y matorrales costeros: la arena está compuesta por granos grandes y poco compactos por lo que posee una baja capacidad de retención de agua (Martínez y Valverde, 1992), durante la época de lluvia el agua se infiltra acarreado los nutrientes y la materia orgánica en descomposición hasta al manto freático, empobreciendo al sustrato afectando la abundancia de microartrópodos del suelo. Mientras que la época de secas se acumula la hojarasca; aunado a esto las franjas costeras que cubren la vegetación halófila constantemente son bañadas por el agua de mar permitiendo que el nivel de humedad sea constante (Martínez y Valverde, 1992).

Las familias del orden de Oribátidos que abundan durante la temporada de secas son Thrypochthoniidae, Protoribatidae y Sphaerochthoniidae. Mientras que en la temporada de lluvias abundan individuos de la familia Xylobatidae. Los insectos colémbolos de la familia que predomina tanto en especial en la temporada de secas es Entomobryidae. En el caso de los Mesostigmatas aparece la familia Ascidae en la época de lluvias y la familia Laelapidae en la época de secas. La escasez de Uropodidos se debe a que están relacionados con suelos profundos y ricos en materia orgánica, característica común del sustrato de bosques y selvas, mientras que el suelo arenoso de la duna costera es poco compacto impidiendo la acumulación en grandes cantidades de materia orgánica. La presencia de Prostigmados se debe a que este grupo está más asociados a suelos áridos, por lo que las condiciones que presenta las dunas costeras pueden favorecer a que su abundancia se incremente, en este caso la familia que más abunda es Cunaxidae.

En base al estudio anteriormente mencionado y los resultados del presente trabajo, se determinó que las dunas costeras es un sistema complejo y muy dinámico, ya que los diferentes factores que

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

conforman estos biotopos varían dando lugar a diferentes dunas costeras o que se generen microclimas en este tipo de ecosistema. Debido a esto, el estudio de los microartrópodos edáficos asociados a las dunas costeras deben ser puntuales tomando en cuenta una serie de particularidades, ya que estos organismos son sensibles a los cambios en su entorno.

Los cuatro sitios (selva baja, selva mediana, manglar y duna costera) tienen en común que los grupos más abundantes son los ácaros Oribátidos y los insectos Collembola. Los ácaros Oribátidos son un grupo cosmopolita de microartrópodos edáficos muy importantes, tanto por su abundancia en los más variados tipos de suelos, hasta en los más adversos, como por su diversidad (Subías, 2004). Se encuentran en el horizonte orgánico de los suelos y sus densidades pueden alcanzar cientos de miles de individuos por metro cuadrado (Andrés y Pérez, 2004). Los colémbolos son un grupo con una amplia distribución y son muy abundantes, su riqueza de especies está más relacionado con la latitud, existen más especies en zonas tropicales que en las templadas (Cutz-Pool y Vázquez, 2012). Los ácaros Mesostigmados son un grupo de ácaros que se encuentran frecuentemente, son depredadores de pequeños artrópodos y nematodos del suelo por lo que han sido de utilidad en el control biológico de huevos de dípteros y como indicadores de productividad y estabilidad del suelo (Fuentes *et al.*, 2008). De las 10000 especies que han sido descritas, la mitad son de vida libre de hábitos depredadores en suelos, materia orgánica, composta, estiércol, nidos, etc. (Chaires Grijalva, 2013). Los ácaros Prostigmados presentan una amplia distribución geográfica y diversidad de hábitos alimenticios. Se encuentran tanto en suelos de zonas tropicales como en templadas (Fuentes *et al.*, 2008).

### **Comparación del índice de diversidad de Shannon-Wiener, de dominancia de Simpson y de equitatividad de Pielou.**

Con respecto a los índices de diversidad de Shannon-Wiener, el de dominancia de Simpson así como el equitatividad de Pielou, la selva baja presentó el índice de diversidad más alto  $H' = 3.179$ . Sin embargo, este sitio no presenta el número más alto de familias con 54; el sitio con una riqueza mayor es el manglar con 58 familias, y también la más alta abundancia con 4615 individuos entre los sitios. El índice de diversidad de Shannon-wiener está determinada por el número de organismos (N) y el número de especies (S), según Moreno (2001) una muestra presentará la

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

diversidad máxima ( $H'$ max) cuando todas las especies estén representadas por el mismo número de individuos. Este hecho se corrobora con los índices de dominancia de Simpson y equitatividad de Pielou del sitio de manglar, tiene la mayor dominancia  $\lambda=0.943$  y el menor valor de uniformidad  $J'=0.778$ . Es decir, el manglar presenta la mayor riqueza y abundancia, sin embargo, unas cuantas familias dominan al concentrar el mayor número de organismos. Las familias con mayor abundancia son Uropodidae (469), Laelapidae (456), Entomobryidae (386), Protoribatidae (367) e Isotomidae (345).

La selva baja es el segundo sitio con mayor riqueza específica y abundancia absoluta, pero los índices de diversidad de Shannon-wiener y equitatividad de Pielou, lo marcan como el sitio con mayor diversidad. Según las postulaciones de estos índices presentan, un número alto de riqueza y la abundancia de las familias son los más uniformes.

En resumen, el sitio de selva baja presenta la mayor diversidad  $H'=3.179$ , mientras que el manglar es el segundo sitio con alta diversidad  $H'=3.160$ . La selva mediana se ubica como el tercer sitio con un valor de diversidad alto  $H'=3.118$ ; en cuanto a sus valores de dominancia  $\lambda=0.929$  y equitatividad  $J'=0.789$ , en contraste de estos valores, se interpreta que el sitio de selva mediana presenta mayor dominancia y menor uniformidad. Por lo que las familias más dominantes son: Isotomidae (537), Entomobryidae (272), Cunaxidae (180), Ctenacaridae (164), Damaeidae (152), Laelapidae (149), Protoribatidae (139), Ascidae (138) y Carabodidae (135). Sin embargo, difiere con lo encontrado en Cozumel señalando a la selva mediana subperennifolia con mayor diversidad de microartrópodos edáficos que en selva baja.

La duna costera es el sitio que presentó menor diversidad  $H'=2.979$  y la menor dominancia  $J'=0.928$ . Coincidiendo con los valores presentados en el trabajo de López Chan y colaboradores (2014), en donde el índice de Diversidad fue  $H'=0.48$  y el índice de Pielou  $J'=0.32$ . En comparación con los datos arrojados por el trabajo mencionado, las dunas costeras de Puerto Morelos presentan mayor diversidad debido a que, a pesar de que están clasificados como el mismo ecosistema, tiene sus propias cualidades al igual que las playas de Cancún y Playa del Carmen.

Las diversidades de cada sitio se compararon a través de la prueba t-student y se obtuvo diferencias significativas entre los sitios de selva baja vs duna costera ( $t_{5202}=7.32$ ,  $p<0.05$ ), manglar vs duna

### **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

costera ( $t_{4616}=7.27$ ,  $p<0.05$ ) y selva mediana vs duna costera ( $t_{5132}=4.70$ ,  $p<0.05$ ). La diversidad de la duna costera no se asemeja a los otros sitios. Este sitio registró la menor riqueza específica y el valor más bajo del índice de diversidad de Shannon-wiener.

Por otro lado, los valores que presentaron diferencias no significativas son selva mediana vs manglar ( $t_{5368}=-1.74$ ,  $p<0.05$ ), selva baja vs manglar ( $t_{7050}=0.75$ ,  $p<0.05$ ) y selva baja vs selva mediana ( $t_{5878}=2.24$ ,  $p<0.05$ ). La selva baja es el sitio que presentó el valor de índice de diversidad más alto de los cuatro sitios, manglar un número alto de organismos y selva mediana es el tercer sitio con mayor riqueza específica y diversidad.

### **Comparación a través del índice de similitud de Sørensen**

Al relacionar el número de familias en común entre los cuatro sitios se observó que selva baja y manglar presentaron el mayor porcentaje de semejanza en un 84.80%, ya que ambos sitios presentaron la mayor riqueza y abundancia en los cuatro sitios. Tanto las selvas tropicales como los bosques de manglar son los ecosistemas que albergan una amplia biodiversidad y son de gran importancia ecológica ya que son el principal almacén de carbono. La comparación de selva baja y selva mediana fue el segundo valor con mayor semejanza con un porcentaje del 84.21%.

La selva mediana y la duna costera fueron los sitios que presentaron menor similitud con el 56.60% en la composición de las comunidades de microartrópodos edáficos. Esta diferencia significativa se debe a que se compararon sitios con diferente cobertura vegetal, como se puede observar en el estudio de Alamilla y May (2013). Estos ecosistemas presentan diferencias en cuanto a la aportación de nutrientes, temperatura, pH y conductividad eléctrica, entre otros factores. La selva mediana presenta las condiciones favorables para las comunidades de microartrópodos edáficos, en cambio, en la duna costera la vegetación es escasa, la composición arenosa del sustrato que disminuye la capacidad de retención de humedad y nutrientes, y las perturbaciones características de las costas (Martínez y Valverde, 1992) son menos favorables en las comunidades de microartrópodos edáficos.

## **Conclusiones**

El objetivo principal de este trabajo que es evaluar la riqueza y abundancia de los microartrópodos edáficos (ácaros y colémbolos) de las selvas tropicales (selva baja inundable y selva mediana subperennifolia) y comparándolos con otros ecosistemas (manglar y duna costera) presentes en el jardín botánico de Puerto Morelos.

En conclusión, el sitio de selva baja inundable presenta una riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos alta. La selva mediana subcaducifolia presenta menor riqueza específica y abundancia absoluta comparada con la selva baja.

Los cuatro sitios presentaron a los cuatro grupos de microartrópodos edáficos que se contemplaron para este trabajo, siendo en común entre los sitios que los ácaros Oribátidos sea el grupo con mayor abundancia y riqueza. En particular en los sitios de selva baja inundable y selva mediana subcaducifolia, los grupos más abundantes después de los Oribátidos son los insectos Collembola y los ácaros Mesostigmados. Por último, los ácaros Prostigmados es el grupo que presenta menor abundancia. Estos cuatro grupos de microartrópodos edáficos se han encontrado en otras selvas tropicales de Quintana Roo.

La humedad es un factor que regula las poblaciones de microartrópodos edáficos en la selva baja y la selva mediana, ya que la abundancia de los ácaros y colémbolos se incrementan durante la época de lluvias y durante la temporada de secas la diversidad de los microartrópodos edáficos disminuye. La humedad y la temperatura junto con otros factores juegan un papel importante en el tamaño de las comunidades de microartrópodos edáficos.

La selva baja es el sitio que presenta la mayor diversidad según los índices de Shannon-wiener y de equidad de Pielou. El manglar es el segundo con una diversidad alta ya que presenta la mayor dominancia entre los cuatro sitios. La selva mediana es el tercer sitio con mayor diversidad. Y finalmente, la duna costera presentó valores inferiores en los índices de diversidad de Shannon-wiener, de dominancia de Simpson y de equitatividad de Pielou.

## **Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

La selva baja y la selva mediana comparten semejanzas de diversidades entre sí, indicando que existen similitudes entre ambos sitios. Y comparten semejanzas con manglar debido a que la cubierta vegetal de este sitio se presenta una tendencia a mezclarse con los de selva mediana principalmente hasta formar ecotonos.

Los resultados del índice de Sørensen que se obtuvieron señalan que la composición de familias de la selva baja inundable y manglar son los más similares. En cambio, en la comparación del número de familias de la selva mediana y la duna costera presentaron diferencias más marcadas. Con respecto a la comparación de los sitios de selva baja y selva mediana presentaron semejanza mayor del 80%. La segunda comparación con mayor semejanza. Este resultado junto con el valor obtenido de la prueba t-student, deducen que selva baja inundable y la selva mediana subcaducifolia comparten similitudes entre sí.

Las selvas tropicales de Puerto Morelos presentan una riqueza y abundancia prolifera de microartrópodos edáficos, ya que las funciones en la que participan los factores bióticos con los abióticos están en perfecta sincronía permitiendo que los ecosistemas tropicales antes mencionados sean importantes ecológicamente. Puerto Morelos es uno de los sitios que aún alberga una vegetación conservado en el estado de Quintana Roo, sin embargo, el constante crecimiento urbano y turístico conllevan a las confrontaciones por la designación del espacio entre las autoridades y los habitantes de la ciudad. El jardín botánico “Dr. Alfredo Barrera Marín” no está exento de los conflictos, ya que las leyes ambientales son siempre violentadas por las mismas autoridades justificando sus acciones con hechos poco creíbles.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

**Bibliografía**

- Alamilla Pastrana, E. B. y D. A. May Uicab. 2013. Relación entre la riqueza y abundancia de los ácaros Oribátidos edáficos y el contenido de materia orgánica en suelos de Cozumel, Quintana Roo. Tesis Licenciatura. Universidad de Quintana Roo. México. 96 pp.
- Andrés, C. y A. M. Pérez. 2004. Estudio de los ácaros edáficos de un agroecosistema (cafetal) en la Estación Biológica Don Francisco Cháves en Santa Maura, Jinotega. **Gaia**, 4:1-11.
- Arbea, J. I., A. I. Moreno. y J. Peralta. 1989. Relaciones entre la mesofauna edáfica de cuatro parcelas forestales del Moncayo con las características químicas del sustrato. **Turiaso**, IX: 537-548.
- Arellano Martín, F. y J. L. Andrade. 2016. Aspiradoras verdes: captura de carbono en bosques tropicales. **Biodiversitas**, CONABIO, No. 125:1-7.
- Butler, R. 2013. ¿Por qué las selvas tropicales son importantes? Consultado de: <http://selvastropicales.org/2013/11/19/por-que-las-selvas-tropicales-son-importantes/>
- Cadena Rangel, O. 2013. Artrópodos edáficos asociados a *Brosimum sp.* (Moraceae) en Papantla, Veracruz, México. **Entomología Mexicana**, 654-659.
- Calmé, S., C. Pozo. y N. Armijo Canto. 2011. “Desafíos para la conservación de la biodiversidad en Quintana Roo” En: *Riqueza biológica de Quintana Roo: Un análisis para su conservación*. Tomo 1. ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD). México, D.F. pp. 337-340.
- Camarero, J. J. y M. J. Fortin. 2006. Detección cuantitativa de fronteras ecológicas y ecotonos. **Ecosistemas**, Asociación Española de Ecología Terrestre, 15(3):76-87.
- Cepeda, J. y W. G. Whitford. 1990. Microartrópodos edáficos del desierto Chihuahuense, al norte de México. **Folia Entomológica Mexicana**, No. 78:257-272.
- Chaires Grijalva, M. P. 2012. “Gamásidos (Acari: Mesostigmata)”. En: Estrada Venegas, E. G., M. P. Chaires Grijalva, J. A. Acuña Soto y A. Equihua Martínez. (Eds.). *Ácaros de importancia en el suelo*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México, D. F. pp. 110-126.
- Chaires Grijalva, M. P. 2013. Mesostigmados (Acari:Mesostigmata) asociados a Scolytinae (Coleoptera:Curculionidae) de importancia forestal en México. Tesis Doctorado. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México. pp. 20.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

- Chocobar Guerra, E. A. 2010. Edafofauna como indicador de calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. Tesis Postgrado. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México. pp. 29.
- Cutz-Pool, L. Q., J. G. Palacios-Vargas, y G. Castaño-Meneses. 2008. Estructura de la comunidad de colémbolos (Hexápoda: Collembola) en musgos corticícolas en el gradiente altitudinal de un bosque subhúmedo de México. **Revista Biología Tropical**, 56(2): 739-748.
- Cutz-Pool, L. Q., A. García-Gómez y J. G. Palacios-Vargas. 2010. Colémbolos cavernícolas y de otros ambientes subterráneos de Quintana Roo, México. **Mundos Subterráneos**, Vol. 21, Pág. 42-48.
- Cutz-Pool, L. Q., G. Castaño-Meneses, J. G. Palacios-Vargas y Z. Cano-Santana 2010a. Distribución vertical de colémbolos muscícolas en un bosque de Abies Religiosa del Edo. De México, México. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, 81:457-463.
- Cutz-Pool, L. Q., A. García-Gómez, G. Castaño-Meneses y J. G. Palacios-Vargas. 2010b. Diversidad de invertebrados de musgos corticícolas en la región del volcán Iztaccíhuatl, Estado de México. **Revista Colombiana de Entomología**, 36(1): 90-95.
- Cutz-Pool, L. Q. y M.M. Vázquez. 2012. Colémbolos (Hexapoda: Collembola): pequeños artrópodos abundantes y diversos en Quintana Roo, México. **Dugesiana**. 19(2): 105-111.
- Cutz-Pool, L. Q., W. P. Vázquez-Noh, J. M. Castro-Pérez, H. J. Ortiz-León y J. A. López Chan. 2014. Diversidad de microartrópodos de musgos corticícolas en una selva baja inundable de Quintana Roo. **Entomología Mexicana**, 1:503-508.
- Cutz-Pool, L. Q., U. Y. Ramírez-Vázquez, J. M. Castro-Pérez, W. A. Puc-Paz y H. J. Ortiz-León. 2016. La artropodofauna asociada a *Tillandsia fasciculata* en bajos inundados de tres sitios de Quintana Roo, México. **Entomología Mexicana**, 3:576-581.
- Cruz Coria, E., L. Zizumbo Villareal, N. Monterroso Salvatierra y A. L. Quintanilla Montoya. 2013. La confrontación social por el espacio costero: la configuración de paisajes turísticos en Puerto Morelos, Quintana Roo. **Región y Sociedad**, El Colegio de Sonora, Año XXV, No. 56. pp. 127-160.
- Dirzo, R. 2004. Las selvas tropicales: epítome de la crisis de la biodiversidad. **Biodiversitas**, CONABIO, No. 56:12-15.
- Elizondo, C., E. Barba Macías, M. A. Castillo Santiago, H. Hernández Arana, D. Hoil Villalobos, H. López Adame, D. López-Merlín, H. Medina Quijano, J. Mendoza, J. Novelo, C. Tovilla y G. Velázquez Solimán. 2011. *Estudio para la caracterización y diagnóstico de humedales en Puerto Morelos*. CONANP, Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos, ECOSUR. 64 pp.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

- Espinoza-Coria, H. 2013. El origen del Proyecto turístico Cancún, México. Una valoración de sus objetivos iniciales a 42 años de su nacimiento. **LiminaR**, Estudios sociales y humanísticos, Año II, Vol. XI, Núm. 1, 154-167.
- Fuentes, L., C. Vázquez, W. Palma y C. Bari. 2008. Ácaros Prostigmata y Mesostigmata asociados a la hojarasca en el bosque de galería del parque universitario de la UCLA, Estado Lara, Venezuela. **Neotropical Entomology**, 37(5):591-596.
- García Álvarez, A. y A. Bello. 2004. "Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica". I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost. Madrid, España. pp. 211-212.
- García-Gómez, A., G. Castaño-Meneses, M. M. Vázquez-González y J. G. Palacios-Vargas. 2014. Mesofaunal arthropod diversity in shrub mangrove litter of Cozumel Island, Quintana Roo, México. **Applied Soil Ecology**, 83:44-50.
- Gergócs, V. y L. Hufnagel. 2009. Application of Oribatid Mites as indicators (Review). **Applied Ecology and Environmental Research**, 7(1): 79-98.
- Gómez-Anaya, J. A., J. G. Palacios-Vargas y G. Castaño-Meneses. 2010. Abundancia de colémbolos (Hexapoda: Collembola) y parámetros edáficos de una selva baja caducifolia. **Revista Colombiana de Entomología**, 36 (1): 96-105.
- Herrera, F. F. y E. Cuevas. 2003. Artrópodos del suelo como bioindicadores de recuperación de sistemas perturbados. **Venesuelos**, 11(1-2):67-78.
- Instituto Nacional de Ecología. 2000. *Programa de Manejo Parque Nacional Arrecife de Puerto Morelos*. SEMARNAP. 1º Edición. México, D. F. pp. 12, 19-48.
- Jaramillo, D. 2002. *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Medellín, Colombia. 610 pp.
- López-Chan, J. A., L. Q. Cutz-Pool, H. J. Ortiz-León, J. M. Castro-Pérez, L. E. Ibarra-Garibay y M. Ramírez-Medina. 2014. Microartrópodos de dunas costeras en la parte norte de Quintana Roo. **Entomología Mexicana**, 1:476-480.
- López-González, C. y M. A. Márquez-Linares. 2004. Corrección secuencial de Bonferroni para el ajuste del nivel de significación en pruebas estadísticas simultáneas. **Vertebrata Mexicana**, No. 14:21-28.
- Martella, M. B., E. V. Trumper, L. M. Bellis, D. Renison, P. F. Giordano, G. Bazzano y R. M. Gleiser. 2012. Manual de ecología: evaluación de la biodiversidad. **Reduca**. Serie ecología, 5(1): 71-115.
- Martínez, M. L. y M. T. Valverde. 1992. Las dunas costeras. **Ciencias**, Facultad de Ciencias, UNAM. 26:34-42.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

- Mejía-Recamier, B. E. y G. Castaño-Meneses. 2007. Estructura de la comunidad de cunáxidos (Acarina) edáficos de una selva baja caducifolia en Chamela, México. **Revista Biología Tropical**. Vol. 5(3-4):911-930.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M & T – Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza. pp. 26, 41, 43, 44.
- Ñique, M. 2010. *Biodiversidad: clasificación y cuantificación*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. pp. 7-8.
- Palacios-Vargas, J. G., B. E. Mejía Recamier y L. Q. Cutz-Pool. 2009. Microartrópodos edáficos. **Diversidad biológica e inventarios**, UNAM, pp. 203-211.
- Palacios-Vargas, J. G. y G. Castaño-Meneses. 2014. “Los colémbolos (Arthropoda: Hexapoda) como bioindicadores”. En: González Zuarth, C. A., Vallarino, A., Pérez Jiménez, J. C. y Low Pfeng, A. M. (Eds.). *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. 1° Edición. El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. pp. 291-307.
- Pérez Velázquez, M. D. 2012. Estructura de la comunidad de ácaros Mesostigmados (Acari: Mesostigmata) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D. F. México. Tesis Licenciatura, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. 58 pp.
- Pérez Villegas, G. y E. Carrascal. 2000. El desarrollo turístico en Cancún, Quintana Roo y sus consecuencias sobre la cubierta vegetal. **Investigaciones Geográficas**, UNAM, Núm. 43. pp. 145-166.
- Rueda, D. M., S. Negrete Yankelevich y C. Fregoso González. 2011. Escala de independencia espacial de la mesofauna edáfica en un transecto bosque-pastizal del Jardín Botánico “Francisco Javier Clavijero”. **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.), 27(1):191-195.
- Sánchez Sánchez, O. y S. Escalante Rebolledo. 2000. “Capítulo 2. El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: estructura y desarrollo”. En: Sánchez Sánchez, O. y G. A. Islebe (Eds.). *El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: fundamento y estudios particulares*. 1° Edición. CONABIO, ECOSUR. pp. 15-25.
- Schatz, H. y V. Behan-Pelletier. 2008. “Global diversity of oribatids (Oribatida: Acari: Arachnida)”. **Hydrobiologia**. 595:323-328.
- Socarrás, A. 2005. Utilización de la acarofauna edáfica como indicador biológico del estado de los suelos con manejo orgánico en la provincia de La Habana, Cuba. **Poeyana**, 494: 31-34.
- Socarrás, A. y M. E. Rodríguez. 2005. Variación de la mesofauna del suelo en áreas recultivadas de la zona minera de Moa, Holguín, Cuba. **Poeyana**, 493:30-35.

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

- Socarrás, A. 2013, Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo, **Pastos y forrajes**, 36 No. 1:5-13.
- Subías, L. S. 2004. Listado sistemático, sinónimo y biogeográfico de los ácaros Oribátidos (Acariformes, Oribátida) del mundo (1758-2002). **Graellsia**. 60:3-305.
- Swift, M. J., D. E. Bignell, F. M. S. Moreira y E. Jeroen Huising. 2012. “El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general”. En: Moreira, F. M. S., E. Jeroen Huising y D. E. Bignell (Eds.). *Manual de Biología de suelos tropicales*. SEMARNAT, INE. pp. 29-52.
- Toledo, V. M., A. I. Batis, R. Becerra, E. Martínez y C. H. Ramos. 1995. La selva útil: Etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. **Interciencia**. 20(4):177-187. Consultado de: [http://www.interciencia.org/v20\\_04/art01/](http://www.interciencia.org/v20_04/art01/)
- Tomes Reyna, S. A., L. Q. Cutz-Pool y H. J. Ortiz León. 2015. Variación espacio-temporal de ácaros (Cryptostigmata) en puntos estratégicos de la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. **Revista Ingeniantes**. Año 2, No. 1, Vol. 2, 58-64.
- Thomassiny Acosta, J. S. y E. Chan Rivas. 2011. “Cambios en el uso de suelo”. En: Pozo, C., N. Armijo Canto y S. Calmé. (Eds). *Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación*. Tomo 1. ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD). México, D. F. pp. 132-134.
- Uribe-Hernández, R., C. H. Juárez-Méndez, M. A. Montes de Oca, J. G. Palacios-Vargas, L. Q. Cutz-Pool y B. E. Mejía-Recamier. 2010. Colémbolos (Hexápoda) como bioindicadores de la calidad de suelos contaminados con hidrocarburos en el sureste de México. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, 81:153-162.
- Váldez-Hernández, M. y G. A. Islebe. 2011. “Tipos de vegetación”. En: C. Pozo, N. Armijo Canto y S. Calmé (Eds). *Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación*. Tomo 2. ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD). México, D. F. pp. 32-36.
- Várguez-Noh, W. P. y L. Q. Cutz-Pool. 2013. Diversidad de microartrópodos (Ácaros y colémbolos) de musgos corticícolas en la selva baja de Nicolás Bravo, Quintana Roo. **Acta Zoológica Mexicana** (n. s.), 29(3): 654-665.
- Vázquez, M. M. (Coord.). 2001. *Fauna edáfica de las selvas tropicales de Quintana Roo*. Universidad de Quintana Roo. CONACYT, SEP, 1º Edición. 145 pp.
- Vázquez, M. M. y J. G. Palacios-Vargas. 2004. “Metodología”. En: *Catálogo de colémbolos (Hexapodas collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo*. Universidad de Quintana Roo. CONABIO. Primera edición. pp. 33-36.
- Vázquez, M. M., H. Klompen y C. I. Chargoy. 2007. “Study of the uropodina (Acari: Mesostigmata) in the tropical forest of the Yucatan Peninsula, Mexico and Belize”. En:

**Riqueza y abundancia de microartrópodos edáficos como indicadores de suelos bien conservados en selvas tropicales de Puerto Morelos, Quintana Roo, México**

- Morales-Malacara, J. B., V. Behan-Pelletier, E. Ueckerman, T. M. Pérez, E. G. Estrada-Venegas and M. Badil (Eds.). *Acarology XI: Proceedings of the International Congress*. Instituto de Biología y Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México; Sociedad Latinoamericana de Acarología. México, pp. 43.
- Vázquez, M. M. 2008. Microartrópodos edáficos litorales. *Dugesiana*, 15(1): 7-15.
- Vázquez, M.M. 2011. “Ácaros”. En: Calmé, S., C. Pozo y N. Armijo Canto (Eds.). *Riqueza biológica de Quintana Roo: Un análisis para su conservación*. Tomo 2. ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD). México, D.F. pp. 164-167.
- Vázquez, M. M., A. Pereira, P. Fragozo y J. A. Rodríguez. 2011. “Riqueza y biodiversidad de organismos edáficos del Corredor Biológico Mesoamericano (México, Belice y Guatemala)”. En: Delgado Blas, V. H., J. S. Ortegón Aguilar, M. M Vázquez González, A. Gonzales Damián y J. Hernández Rodríguez (Eds.) *Avances de ciencia y tecnología en Quintana Roo*. Universidad de Quintana Roo, Plaza Valdés Editores. pp. 41.
- Vázquez, M. M. 2012. Riqueza específica y biodiversidad de microartrópodos edáficos de la Isla de Cozumel, Q. Roo. Universidad de Quintana Roo. **Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. HJ028**. México D. F.
- Vester, H., R. Villanueva Gutierrez, S. Torres Pech y M. A. Vázquez Sánchez. 2000. “Capítulo 14. Situación actual y bases para el plan de manejo del Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín”. En: Sánchez Sánchez, O. y G. A. Islebe (Eds.). *El jardín botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: fundamento y estudios particulares*. 1º Edición, CONABIO, ECOSUR, pp. 185-189.