



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

DIVERSIDAD Y RIQUEZA ESPECÍFICA DE MICROARTRÓPODOS
EDÁFICOS COMO BIOINDICADORES DEL ESTADO DE EQUILIBRIO
DEL SUELO EN DOS ECOSISTEMAS RIPARIOS EN EL PAÍS DE
BELICE

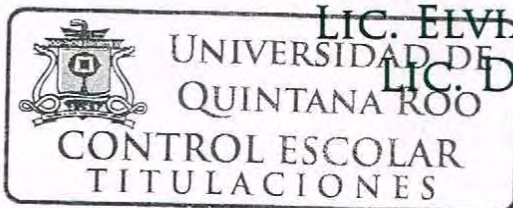
TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIANDO EN MANEJO DE RECURSOS NATURALES

PRESENTAN
KAMIRA ZUELANE COOCH
DAVID MIGUEL MEDINA

DIRECTOR DE TESIS
DRA. MARÍA 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 TITULADO

Diversidad y riqueza específica de microartrópodos edáficos como bioindicadores del estado de equilibrio del suelo en dos ecosistemas riparios en el país de Belice

ELABORADO POR
Kamira Zuelane Cooch
David Miguel Medina

BAJO SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA Y APROBADO COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

Licenciado en Manejo de Recursos Naturales

COMITÉ DE TESIS

DIRECTOR:

Dra. María Magdalena Vázquez González

ASESOR:

Dr. Leopoldo Querubín Cutz Pool

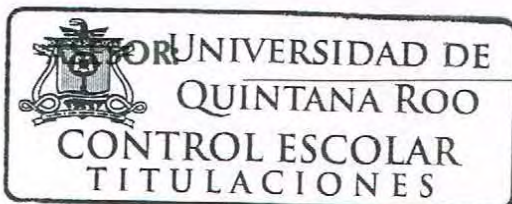
ASESOR:

M.C. Juan Antonio Rodríguez Garza

ASESORA:

Lic. Elvia Beatriz Alamilla Pastrana

Lic. Daniel Alfonso May Uicab



DEDICATORIA

A mis padres, Miguel y Neyma Medina

A mis hermanos, Abdiel y Delroy Medina

A mis demás familiares y seres queridos

A mis amigos incondicionales, ellos saben quiénes son

--David Miguel Medina

A mis padres, Therésita y José Cooch

por su incondicional

amor y apoyo

--Kamira Zuelane Cooch

AGRADECIMIENTOS

Primeramente y sobre todo, le damos gracias a Dios por permitirnos este logro ya que Él nos brindó la vida, las fuerzas y capacidades durante este trayecto. Sin Él nada es posible.

Las gracias infinitas a nuestros padres y hermanos por haber apoyado de una y mil maneras en nuestra formación académica. Gracias por creer en nosotros, por sus sabios consejos, los valores que nos han inculcado, la comprensión de cada uno y más que nada por ser un ejemplo de vida a seguir.

Agradecemos con mucho afecto a la Dra. María Magdalena Vázquez González por compartir con nosotros un poco de su increíble conocimiento acerca de los microartrópodos edáficos. Gracias Maestra, por mostrarnos que lo pequeño también puede ser muy grande. Muchas Gracias por su inagotable paciencia, por su perseverancia con nosotros y por enseñarnos, no solo en el aula, sino también con su ejemplo de cómo ser una persona profesional y recta en el diario vivir.

Le damos las gracias al Dr. Leopoldo Cutz Pool por su valiosa ayuda al dedicarnos tiempo para aclarar nuestras dudas y para enseñarnos lo que nos hacía falta para completar este trabajo.

Al M. C. Juan Antonio Rodríguez Garza por aportar su conocimiento en la corrección para que este trabajo pudiera finalizar con éxito.

A los Lic. En Manejo de Recursos Naturales, Elvia Beatriz Alamilla Pastrano y Daniel Alfonso May Uicab por su indispensable asesoramiento durante la clasificación de organismos y que más que asesores, se convirtieron en amigos dispuestos a ayudar en todo momento.

A nuestros apreciados amigos y compañeros de salón que han compartido con nosotros parte de su vida, alegrías, tristezas, consejos y momentos inolvidables. Gracias por sus ánimos y buenos deseos para terminar esta tesis.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
2. ANTECEDENTES	6
2.1. Áreas Naturales Protegidas.....	6
2.2. Estudios de Microartrópodos de Belice.....	8
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	9
3.1. Objetivos Generales:	9
3.2. Objetivos Específicos:	9
3.3. Hipótesis	9
4. ÁREA DE ESTUDIO.....	10
4.1. New River.....	10
4.1.1 Tipo de Suelo.....	11
4.1.2. Clima	13
4.1.3. Precipitación	13
4.1.4 Vegetación.....	13
4.1.5 Comunidades Cercanas.....	17
4.1.6 Mapa de Ubicación del Sitio de Estudio	18
4.1.7. Fotos del Sitio de Estudio	19
4.2. Mopan River.....	21
4.2.1. Clima	22
4.2.2 Precipitación.....	23

4.2.3. Vegetación.....	24
4.2.4. Tipo de Suelo.....	25
4.2.5. Comunidades Cercanas.....	28
4.2.6. Mapa de Belice y Mapa de Ubicación del Sitio de Estudio ..	29
4.2.7. Fotos del Sitio de Estudio	30
5. METODOLOGÍA	33
5.1. Trabajo de Campo	33
5.1.1. Selección de Áreas.....	33
5.1.2. Colecta en Sitios con Afectación Antrópica.....	34
5.1.3. Colecta de Opilioacáridos	36
5.1.4. Colecta.....	37
5.2. Trabajo de Laboratorio	37
5.2.1. Extracción de Organismos	37
5.2.2. Observación, Separación y Cuantificación.....	39
5.2.3. Aclaración de Ejemplares	41
5.2.4. Proceso de Disección y Montaje	41
5.2.5. Preparaciones Permanentes.....	43
5.3. Análisis Estadístico	44
5.3.1. Abundancia Relativa (%).....	45
5.3.2. Riqueza Específica (S).....	45
5.3.3. ANOVA	45
5.3.4. Índice de Shannon-Wiener.....	45
5.3.5. Equidad de Pielou (J').....	47
5.3.6. Índice de Simpson.....	47
5.3.7. Índice de Similitud/Disimilitud.....	48

6. RESULTADOS.....	49
6.1. Abundancia y Riqueza de Microartrópodos	49
6.2. Índices de Diversidad, Equidad, Dominancia y Riqueza Específica	60
6.2.1. Índice de Equidad de Pielou.....	61
6.3. Índice de Similitud de Jaccard.....	62
6.4. Análisis de Varianza (ANOVA de una vía).....	62
7. DISCUSIÓN	64
7.1. Índices de diversidad.....	66
7.2. Riqueza Específica y Abundancia.....	67
7.3. Variación Espacio/Temporal, Equitatividad y Dominancia	68
8. CONCLUSIONES	70
9. BIBLIOGRAFÍA	71
10. ANEXOS	78

1. INTRODUCCIÓN

Belice es un pequeño país centroamericano rico en biodiversidad. Posee diferentes tipos de ecosistemas, por lo cual ha sido considerado parte del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM). El CBM fue establecido en 1997 por los gobiernos de los países que conforman la región Mesoamericana: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y México. Sus objetivos son mantener la diversidad biológica, disminuir la fragmentación y mejorar la conectividad del paisaje y los ecosistemas; así como promover procesos productivos sustentables que mejoren la calidad de vida de las poblaciones humanas locales que usan, manejan y conservan la diversidad biológica (CONABIO, 2017).

Con un área de aproximadamente 22,800 km² y con una población de 387,879 habitantes hasta el 2017 (The Statistical Institute of Belize, 2017), Belice cuenta con una de las poblaciones menos densa en Centro América, sin embargo, el país tiene una tasa de crecimiento poblacional equivalente a 1.87% al año, convirtiéndolo en el país con la segunda tasa más alta en la región. Como resultado, la demanda del uso del suelo, la deforestación y las prácticas agrícolas están directamente relacionadas con la pérdida de hábitat, especialmente de zonas riparias, y la contaminación de ecosistemas marinos y costeros con sedimentos, fertilizantes, pesticidas y otros contaminantes (Balboni y Palacio, 2007).

Durante las últimas décadas, la población humana se ha incrementado exponencialmente. No es de extrañar, por tanto, que la reducción y fragmentación de los hábitats naturales o semi-naturales de nuestro planeta, con su secuela de pérdida de especies, esté considerada como una de las amenazas más frecuentes y ubicuas para la conservación de la biodiversidad (Turner, 1996; Fahrig, 2003). Puesto que los peligros ambientales que amenazan el bienestar de la especie humana son en gran parte resultado del aumento de población, hemos de preocuparnos especialmente por las formas en que las poblaciones de organismos, especialmente el hombre, crecen y funcionan (Emmel, 1975).

Por tales motivos ha sido necesario estudiar la relación que existe entre organismos, tales como los microartrópodos edáficos, y su hábitat; el suelo. Una de las acciones clave en este tipo de evaluación es utilizar especies con propiedades de comportamiento específicas de

bioindicadores, los cuales nos permiten deducir alguna característica del medio en el que se encuentran. Un indicador biológico es característico de un medio ambiente, que cuando mide, cuantifica la magnitud del estrés, las características del hábitat y el grado de exposición del estresor o el grado de respuesta ecológica a la exposición (Espino, 2000).

La fauna edáfica es considerada como un componente clave de la biota del suelo que funciona como un bioindicador. Entre ellos se destacan los ácaros y los colémbolos, por ser los principales representantes de este tipo de fauna y por poseer mejores condiciones para ser utilizados con este fin (Socarrás, 2013). Algunas especies presentan alta sensibilidad a los cambios provocados por las diferentes perturbaciones antropogénicas tales como deforestación, contaminación y fragmentación del hábitat. Sin embargo, también se ha tomado en cuenta en el presente trabajo que los cambios naturales afectan las fluctuaciones del tamaño de las poblaciones de ácaros y colémbolos. Ciertas especies están registradas por su respuesta a la alteración del medio, sugiriendo su efectividad como indicadores de cambios en el suelo.

Los estudios de las poblaciones de fauna edáfica permiten comprender de mejor manera los ecosistemas al relacionarlos con el tipo de vegetación que sustentan. Esto puede ser alcanzado a través del estudio de riqueza específica, abundancia y densidad de sus poblaciones.

A pesar de que a nivel mundial el estudio de la fauna edáfica ha ido avanzando, Belice cuenta con muy pocos estudios de este carácter. Las investigaciones existentes fueron llevadas a cabo en ecosistemas montañosos tales como: Maya Mountains, Mountain Pine Ridge y la Reserva de Chiquibul. No hay registro de estudios realizados en otros lugares representativos del país. Los ecosistemas riparios son uno de los principales tipos de ecosistemas presentes a lo largo de Belice, contando con 18 ríos principales y afluentes con otros 16 subcaptaciones que se originan desde la región de Maya Mountains y desembocan en el mar Caribe (Boles, 1999). Dos de los ríos principales fueron utilizados como sitios de estudio; New River y Mopan River. El New River se encuentra al norte del país en los distritos de Corozal y Orange Walk, mientras que el Mopan River se sitúa en el distrito de Cayo al suroeste del país y es proveniente del vecino país de Guatemala.

2. ANTECEDENTES

2.1. Áreas Naturales Protegidas

Según Balboni y Palacio (2007), Desde hace muchos años, los recursos naturales de Belice han sido explotados por sus habitantes, así como por los europeos que vinieron a colonizar el nuevo mundo. Durante el siglo XVII los ingleses fueron responsables del aprovechamiento inadecuado de recursos maderables. Al principio solamente se explotaba el palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*), pero a finales del siglo XX ya se extraían maderas de otras especies como la caoba (*Swetenia macrophylla*), cedro (*Cedrella odorata*), palo de rosa (*Swartzia cubensis*) y Santa María (*Calophyllum brasiliense*). Esta práctica disminuyó cuando a mediados del siglo XX se introdujo la agricultura a gran escala. Desde entonces gran parte del país ha subsistido de las prácticas agrícolas como un modo de ingreso, permitiendo la preservación de las selvas en el país. El gobierno de Belice designó aproximadamente 52% del territorio como áreas naturales protegidas, pero información reciente sugiere que actualmente solo el 34% del territorio cae bajo algún tipo de protección (Meerman & Wilson, 2005). Algunos factores que actualmente están ejerciendo una presión en los ecosistemas incluyen las actividades de extracción de recursos maderables y el desarrollo de tierras agrícolas. Es así como se hace notar la falta de atención y el manejo inadecuado de recursos forestales a lo largo de la historia de Belice.

La historia de áreas naturales protegidas (ANPs) comienza desde el siglo XIX en un intento de proteger los recursos maderables. Desde entonces, las ANPs se han ido designado según su propósito. El más evidente es el de extracción de recursos maderables, seguido por valor estético, protección de vida silvestre y raramente se hacía con propósitos ecológicos o fines científicos, sin embargo, la importancia de este último ha ido aumentando. De las 94 ANPs legalmente reconocidas, 37 han sido designadas como puntos de extracción de madera (Meerman, 2005). Adicionalmente la mayoría de las ANPs designadas para la conservación de la biodiversidad se dio después de que el país lograra independizarse y únicamente tras esfuerzos realizados por ONGs de conservación nacionales e internacionales, comunidades locales e individuos con el mismo interés y a pesar de que este tipo de ANPs ha ido incrementando, aún existen limitaciones para su

correspondiente designación. Para combatir este problema el gobierno comisionó una Póliza de Áreas Naturales Protegidas y Plan Sistemático.

A finales de los años 80 y principios de los 90, hubo más declaraciones de ANPs. Lo más destacado fue la declaración de ANPs privadas. El primero fue Programme for Belize, una ANP en el distrito de Orange Walk establecido en 1988. Diez años más tarde se creó el Shipstern Nature Reserve y en 1990 fue declarada una reserva privada el Monkey Wildlife Sanctuary. Cockscomb Basin Reserve Forest fue expandido a 100, 000 acres para mejorar la protección del jaguar. El siguiente año fueron declaradas ANPs Laughingbird Caye National Park y Monkey Bay National Park. Muchas otras áreas fueron creadas con el fin de preservar la flora y fauna que en ella se encontraban con la ayuda de las comunidades. Pero a pesar de las buenas intenciones de conservación, había factores que limitaban estas acciones. Como factor principal se encontraba la falta de conocimiento de los comunitarios para el manejo de adecuado de las ANPs, hecho en el que tanto el gobierno como los conservacionistas tuvieron al no capacitar lo suficiente a los comunitarios. La ausencia del financiamiento adecuado fue otro factor determinante.

Los años 90 fueron muy productivos en cuanto a la creación de ANPs pero esta vez con la participación de las comunidades aledañas. Uno de los eventos más significativos fue la creación de Protected Area Conservation Trust (PACT), el cual fue establecido con un cuerpo reglamentario después de varias consultas y reuniones con ONGs, instituciones gubernamentales, organizaciones internacionales y el sector privado. A través de esta institución, Belice ya podría recibir más ingresos por el aumento del ecoturismo. Más adelante surgió la propuesta de Community Conservation para fortalecer el manejo en conjunto con las comunidades cercanas o dentro de las ANPs. Varias acciones posteriores a la creación de PACT ayudaron a mejorar este tipo de manejo, incluyendo la firma de acuerdos de cooperación entre las comunidades y el gobierno, el desarrollo de la Poliza de Áreas Protegidas y Plan Sistemático, y la elaboración por parte de US Peace Corps – Belize de un plan de proyecto para apoyar el manejo de ANPs a cargo del gobierno en conjunto con las comunidades.

2.2. Estudios de Microartrópodos de Belice

De los pocos estudios que se han realizado en el país de Belice para conocer su fauna edáfica, la mayoría de los sitios de estudio se encontraron dentro de algún Área Natural Protegida al suroeste del país. En uno de los estudios del grupo Uropodina (Acari: Mesostigmata) en los bosques tropicales de Belice y la Península de Yucatán en México, realizado por Vázquez *et al.* durante los años de 1995 hasta el 2002, se encontraron 18 especies en un total de 9 familias. Las áreas muestreadas incluyeron Ciudad de Belmopan, Rio Frio Caves, Mountain Pine Ridge y Chiquibul National Park. Ocho de los diez géneros identificados en este trabajo fueron nuevos registros de fauna edáfica en esta nación. La mayor cantidad de especies se encontraron en las selvas relativamente poco perturbadas de Calakmul (Campeche), Noh Bec (Quintana Roo) y Chiquibul National Park (Belice). A nivel de género 9 estuvieron presentes en ambos países y solamente en Belice se encontraron los géneros *Brasiluropoda* y *Discourella*, mientras que *Phymatodiscus*, *Polyaspinus*, *Planodiscus*, *Chiropturopoda*, *Uroactinia*, *Urodiaspis* y *Eutrachytes* fueron encontrados solamente en Quintana Roo, México y *Macrodinychus* en Campeche, México (Vázquez *et al.*, 2007).

Otra de las aportaciones al conocimiento de la fauna edáfica en Belice incluye la descripción de dos nuevas especies de Insecta: Collembola, por parte de Palacios-Vargas *et al.* (2017), a partir de muestras colectadas en Monkey Tail, Chiquibul National Park, Belice en 1998. Las dos nuevas especies descritas; *Americanura belicensis sp. nov* y *Americanura denisi sp. nov.*, pertenecen al género *Americanura* de la familia Neauridae.

En la investigación Riqueza y biodiversidad de organismos edáficos del corredor biológico mesoamericano (México, Belice y Guatemala) a cargo de Vázquez *et al.*, publicada en el libro Avances de Ciencia y Tecnología en Quintana Roo, se detallan los resultados de la fauna edáfica colectada en múltiples áreas naturales protegidas. En Belice, las áreas seleccionadas para el estudio incluyeron Mountain Pine Ridge y Blue Mountain. Rio Frio Caves ubicado dentro del sistema montañoso Mountain Pine Ridge presentó uno de los índices más altos de riqueza de especies junto con la Reserva Forestal de Noh Bec, la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y Calakmul y Tzikín Tzakán en Guatemala, los cuales fueron los sitios mejor conservados.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1. Objetivos Generales:

Comparar y evaluar el estado de conservación de dos ecosistemas riparios utilizando la riqueza y la biodiversidad de la fauna edáfica como bioindicadores.

3.2. Objetivos Específicos:

- Clasificar taxonómicamente a nivel de género los microartrópodos edáficos.
- Obtener los índices de biodiversidad y de riqueza específica de la fauna estudiada.
- Cuantificar los grupos, su abundancia y dominancia.
- Evaluar la biodiversidad de los ácaros e insectos Collembola mediante los índices de Shannon y Wiener, Equidad de Pielou y el Índice de Similitud de Jaccard para cada sitio de estudio.
- Comparar los índices de riqueza específica y biodiversidad de la fauna edáfica en los sitios estudiados.
- Generar un inventario de la fauna edáfica de ácaros e insectos Colembolla encontrados en las áreas de estudio

3.3. Hipótesis

Los ácaros e insectos Collembola son bioindicadores del buen estado de conservación de los suelos. Por lo tanto, se espera encontrar dentro de los ecosistemas riparios un alto nivel de abundancia, riqueza específica y biodiversidad de micrartrópodos edáficos.

4. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio sobre la fauna edáfica en los ecosistemas riparios tuvo lugar en dos distintos puntos dentro del país de Belice. La zona de manglar en la ribera del New River localizado en el distrito de corozal fue elegido como un sitio de estudio, mientras que el segundo sitio se ubicó en una zona de selva inundable en las márgenes del Mopan River en el distrito de cayo, justo en la frontera con Guatemala.

4.1. New River

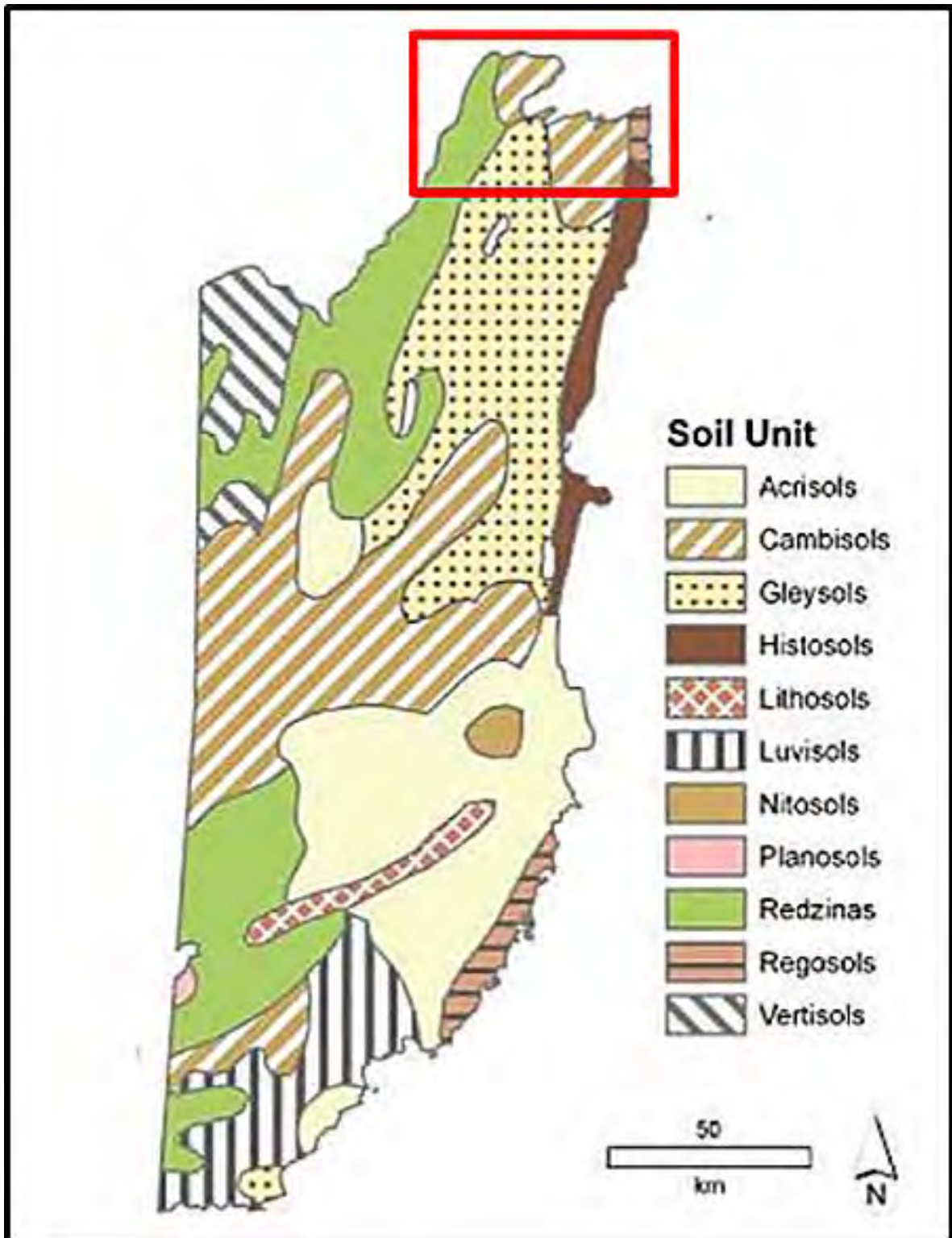
El estudio de la fauna edáfica se realizó en un ecosistema ripario en el distrito de Corozal, específicamente a las orillas del New River. Este río es el más largo, completamente confinado dentro del territorio beliceño y se origina en el distrito de Orange Walk, en los cerros Yalbac, y desemboca en la Bahía de Corozal. La laguna New River, es el cuerpo de agua dulce más grande en el norte del país, localizado frente al sitio arqueológico Lamanai (Cocodrilo sumergido).

La importancia de este río se puede fundamentar desde diferentes puntos de vista. Desde un enfoque ambiental, este ecosistema es hogar de muchas especies de mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces y flora en general. En consecuencia, es un sitio de anidación de varios organismos y hogar temporal de muchas especies de aves migratorias que buscan el calor tropical para evitar el frío invernal de los países con clima templado. Junto con los corales, los manglares constituyen uno de los sitios más importantes para la reproducción de peces, pues es el lugar idóneo como criaderos al brindar protección contra depredadores, así como de factores ambientales que, si bien son naturales, serían muy dañinos para la etapa reproductiva de estos organismos. Visto desde el punto de vista económico, el New River funge como un modo de transportación de uno de los productos de exportación más importantes para el país; el azúcar. El cultivo de la caña de azúcar es la actividad económica más importante en los distritos de Corozal y Orange Walk, y el segundo más importante a nivel nacional, superado únicamente por el turismo. Una vez que la caña de azúcar está lista para ser cosechada durante un periodo conocido como zafra, las plantaciones son quemadas para facilitar el corte del mismo. La caña es posteriormente transportada a un ingenio localizado en las afueras del municipio de Orange Walk en la

aldea de Tower Hill para extraer el azúcar de la caña. Es aquí donde el New River juega un papel importante puesto que el azúcar se transporta en “gabarras”(embarcación generalmente con cubierta, destinada al transporte de mercancías en zonas costeras o en río) con destino hacia la ciudad de Belice, donde son transferidos a embarcaciones más grandes con destino a varios países caribeños y europeos. Las gabarras utilizan el New River como ruta de salida del país, facilitando el transporte del producto desde el lugar de producción. Cabe mencionar que este río ha tenido relevancia entre las actividades de la población humana desde hace varios siglos, cuando era utilizado para la producción de alimentos de los Mayas durante su auge en los años d.C 250 – 600 (Gómez-Pompa et al., 2003)

4.1.1 Tipo de Suelo

De acuerdo al Atlas of Belize (Gray y Leslie, 2008) el suelo que se encuentra a lo largo del New River es un suelo aluvión que se formó durante el periodo cuaternario. Esto indica que es un suelo relativamente joven en comparación con los suelos del sur, donde se encuentran los sistemas montañosos. Generalmente hablando, los suelos de Corozal y Orange Walk lo conforman rocas sedimentarias, calizas y margas. De igual manera, Programme for Belize (2003) menciona que en Corozal los ferruginosos suelos aluviales, arcilloso-arenoso provenientes de la erosión de los Maya Mountains (Montañas Mayas), cubren el paisaje relativamente plano de las llanuras costeras. Las tres unidades de suelo más abundantes en el área son cambisoles, suelos relativamente fértiles, gleysoles con pocos nutrientes y una baja capacidad de drenaje y redzinas, un tipo de suelo que tiene la capacidad de retener agua durante la temporada seca (Mapa 1).



Mapa 1. Diferentes tipos de suelo en el distrito de Corozal

4.1.2. Clima

Belice se encuentra en una zona de transición de condiciones subtropicales a tropicales. Al norte del país se tiene un clima Am (cálido todo el año, con una estación seca corta seguida por una húmeda con fuertes lluvias) de acuerdo al sistema de clasificación de Köppen. La temperatura varía según la altitud. En la costa, la temperatura presenta un promedio de 31° C en el verano debido a la alta humedad en el aire y cae a un mínimo de 19° C en enero cuando llegan los frentes fríos. Tierra adentro la temperatura disminuye, pero raramente cae por debajo de los 10° C (Murray et al., 2003).

4.1.3. Precipitación

La precipitación tiene una diferencia marcada entre el norte y sur del país. Los distritos del norte consiguen menos lluvia en tiempos variados mientras que el sur recibe lluvias un poco más constantes y en mayor cantidad. En promedio, el norte recibe 1500 mm de lluvia al año con pronunciadas variaciones entre enero y mayo. Menos de 100 mm de lluvia se precipita en cada mes en la región. La temporada seca dura más que la temporada de lluvias, desde el mes de febrero hasta mayo. Mayormente hay otra temporada corta de secas en julio hasta agosto, interrumpiendo la temporada de lluvias.

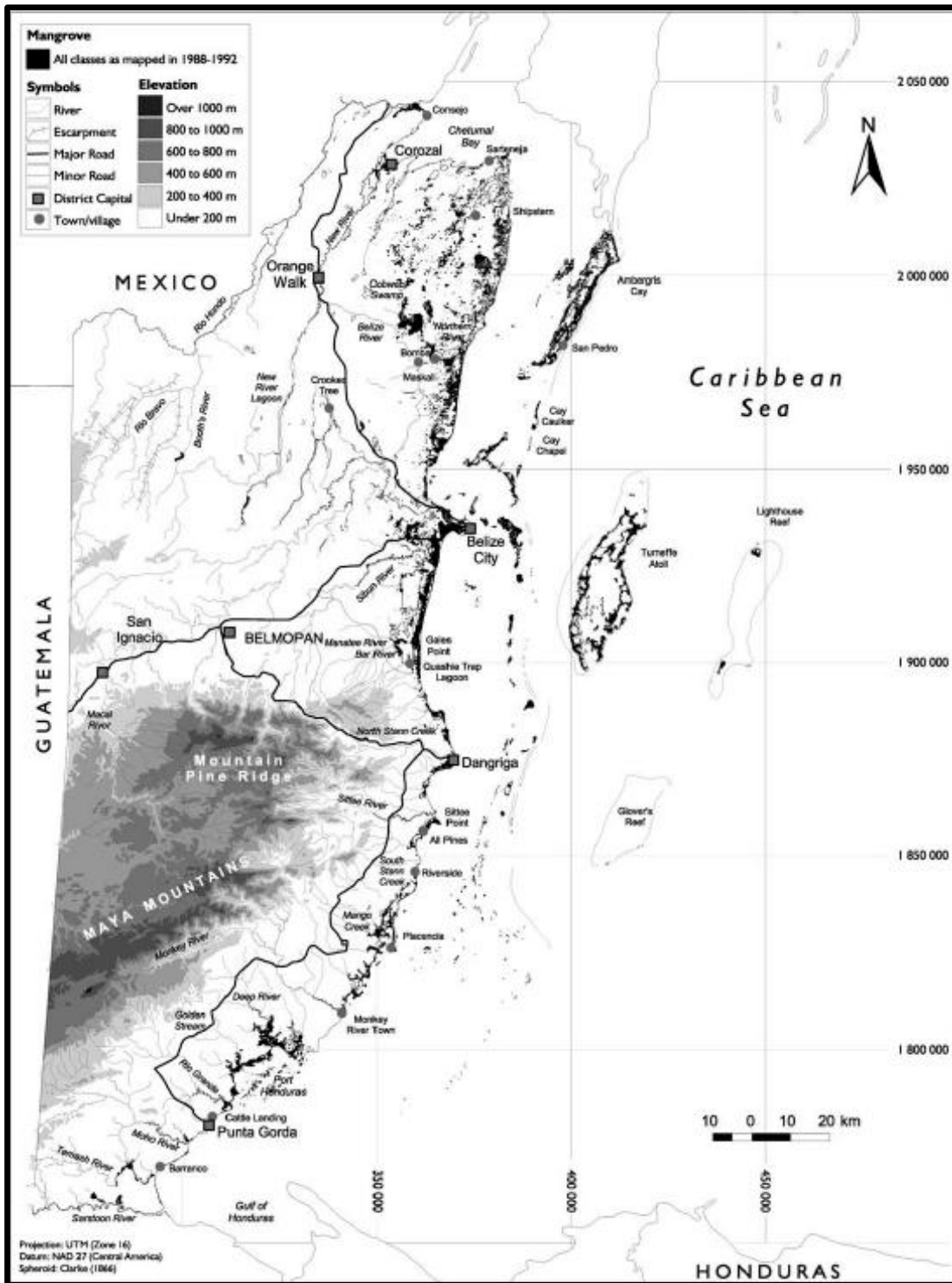
4.1.4 Vegetación

De acuerdo con Murray (2003) la vegetación a lo largo del New River se logra apreciar mangle categorizado como mangle de altura mediana (3m – 8m) y con una abundancia mayor cerca del desemboque en la Bahía de Corozal. Al sur del mismo río, la vegetación cambia un poco y se caracteriza por un bosque mixto que se presenta únicamente en tierra firme, típicamente cerca de cuerpos de agua interiores, al margen de arboledas de palma y bosques de ribera, tal como ocurre al este de la laguna New River.

Los manglares de Belice cuentan con atributos físicos y ecológicos semejantes a otras partes de Centro América y del Caribe. Sin embargo, también se diferencia al contar con más del 90% de la vegetación original en sus costas. Hasta los años noventa, Belice contaba con inventarios de su flora a lo largo del país, pero con muy poca información

correspondiente a la vegetación costera, riparia y de los alrededores de otros cuerpos de agua al interior de la masa continental. Un estudio de 1990 utilizando fotos aéreas, registros históricos e información de las condiciones del suelo, estimó que el 98% de los manglares era vegetación original y representaba el 2% del total en Latinoamérica (ver mapa 2). Imágenes aéreas tomadas dos años más tarde revelaron que 0.7% de la cobertura vegetal del manglar se había perdido (M. R. Murray et al., 2003). Los manglares se pueden encontrar en diferentes entornos, desde franjas costeras, orilla de ríos y lagunas, hasta las pequeñas islas y cayos cerca de la barrera arrecifal. Siete ríos tienen a sus orillas áreas significantes de mangle: Río Hondo, New River, Belize River, Sittee River, Mango Creek, Manatee y Bar River.

Según Standley & Record (1936), Wright et al. (1959), Woods et al. (1988) y Murray et al. (2003) hay en Belice la presencia de tres variedades verdaderas de mangle y dos especies de plantas que se denominan como asociaciones de mangle. De los mangles verdaderos la variedad más abundante es *Rhizophora mangle* L (mangle rojo), seguida por *Avicennia germinans* L (mangle negro) y *Laguncularia racemosa* L (mangle blanco). Las especies asociadas son *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo) y *Acrostichum aureum* (Swamp fern).



Mapa 2. Distribución de mangle en Belice

Fuente: Forest Ecology and Management, M.R. Murray et al. (2003) 174 265–279

Mangle Rojo (*Rhizophora mangle* L.): El mangle rojo es la especie dominante y la que alcanza el mayor tamaño en Belice. Cuenta con raíces aéreas, arqueadas como zancos que facilitan la identificación de esta especie. En ocasiones, las raíces se elevan hasta 3 pies sobre el nivel del agua. Sus hojas son grandes y elípticas con tamaño de entre tres a cinco pulgadas. El haz es de color verde oscuro y el envés amarillento. Está cubierta por una capa de material ceroso que evita la pérdida excesiva de agua. Las pequeñas flores blancas de cuatro pétalos florecen durante los primeros meses del año. Las semillas, que también son llamadas propágulos, tienen un largor de 15 centímetros y tienen forma de lápiz. Al desprenderse del árbol, son arrastradas por las corrientes o se enraízan en los lugares donde el agua tiene poca profundidad.

Mangle Negro (*Avicenia germinans* L.): Esta segunda especie de mangle se encuentra cerca del mangle rojo pero un poco más alejado del agua y con un tamaño menor. Se le llama mangle negro por el color oscuro de sus raíces y tallo. A diferencia del mangle rojo, las hojas del mangle negro secretan sal y tienen una forma ovalada. Las pequeñas semillas que también son ovaladas se encuentran dentro de pequeños frutos y germinan aun estando sujetas a la planta. Su floración se presenta durante el verano. Las raíces nuevas conocidas como neumatóforos surgen de una red de raíces subterráneas hasta una altura de aproximadamente 20 cm.

Mangle Blanco (*Laguncularia racemosa* L.): Alejándose aún más del río, esta especie ocurre en suelos más estables. Las hojas son más pequeñas que de las especies anteriores con tan solo 3 cm de largo. El borde es redondo y su color es de verde claro en ambos lados. El pedúnculo presenta dos glándulas, aunque el propósito de estas glándulas no se conoce con precisión. La fruta es pequeña, redonda, con punta ensanchada, ligeramente aplanada con piel gruesa y correosa. Una vez que caen al agua, las semillas pueden flotar por tiempo indefinido hasta desarrollar raíces. Su floración sucede durante los meses de enero hasta julio. Esta especie no cuenta con raíces aéreas, sin embargo, cuando el agua presenta bajos niveles de oxígeno, la planta puede desarrollar raíces con cierto parecido a los neumatóforos.

Mangle Botoncillo (*Conocarpus erectus* L.): Este mangle se considera como una especie asociada a los mangles verdaderos porque es más terrestre que acuática. Algunos científicos

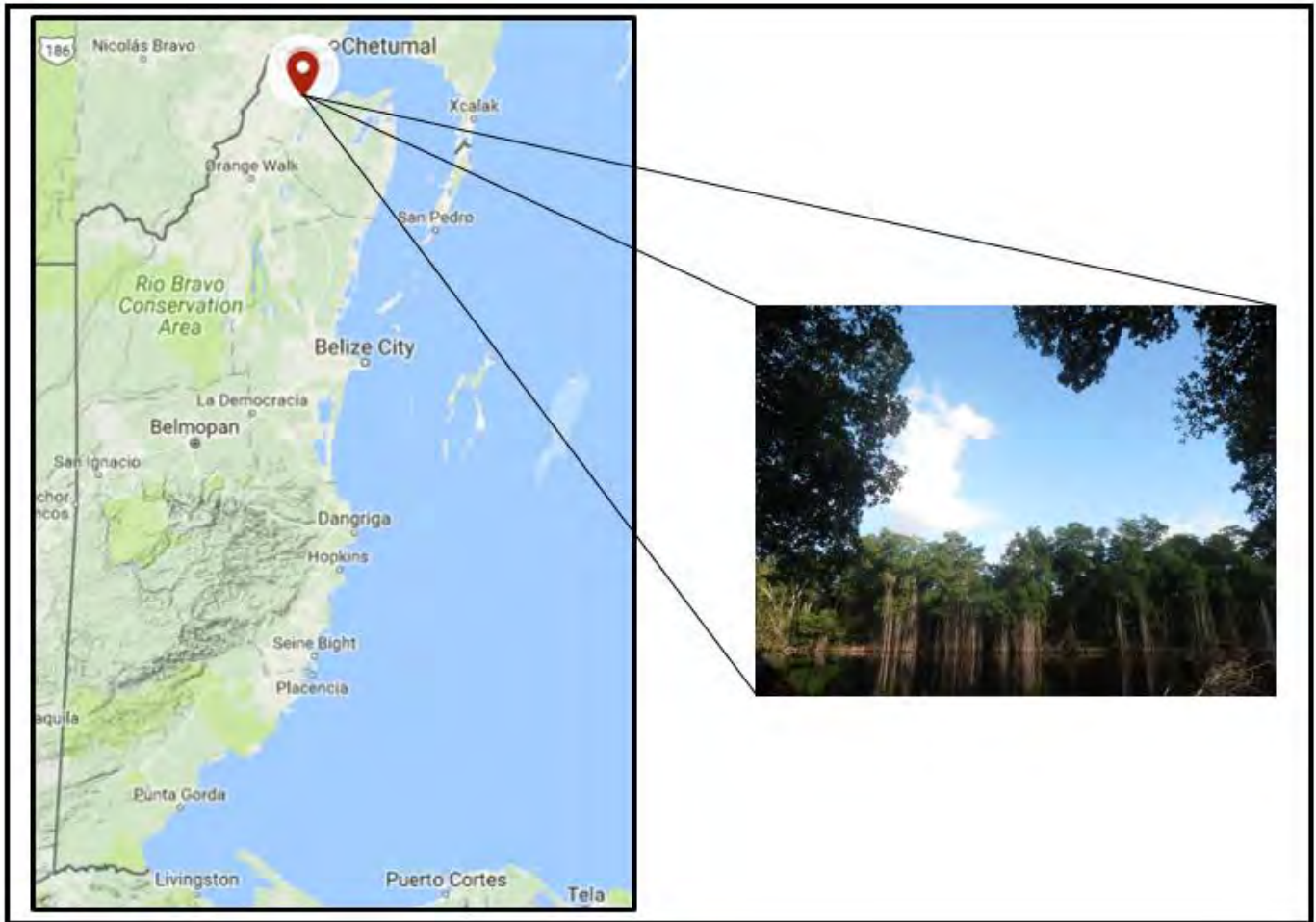
argumentan que sí es un mangle verdadero porque es resistente a condiciones extremas como las altas concentraciones de sal. En Belice hay dos tipos de mangle botoncillo. Uno tiene las hojas de color verde oscuro mientras que la otra variedad presenta una densa capa de pelos, dándole un aspecto de color plateado. Los pelos son considerados una adaptación xeromórfica estimulada por la poca disponibilidad de agua, específicamente en el área norte del país. Las semillas se parecen a botoncillos, por ende el nombre de la planta, que crecen en racimos parecido a las uvas.

Aunque no son tan abundantes como el mangle, hay ciertas especies de plantas que se pueden apreciar en diferentes puntos del río. Tales especies incluyen ejemplares de *Manilkara zapota*, *Bucida buceras*, *Acoelorrhaphe wrightii*, *Brosimum alicastrum*, así como varias especies de arbustos, enredaderas y plantas epífitas.

4.1.5 Comunidades Cercanas

Al sur del sitio de estudio se encuentra la aldea de Progreso, a la orilla de una laguna. Al occidente se encuentra la aldea de Ranchito que de igual manera se encuentra junto a una laguna, y al norte está Corozal, la capital del distrito con el mismo nombre. A pesar de que estos asentamientos humanos se encuentran relativamente cerca, no colindan directamente con el área de estudio. Estas comunidades son separadas del área de estudio por aproximadamente tres o cuatro kilómetros de distancia. No obstante, una gran cantidad de vehículos trafican justo al lado del área, pues ésta se encuentra adyacente a la carretera que conecta a las comunidades de Progreso, Copper Bank, Chunox, Little Belize y Sarteneja con el municipio de Corozal. Para poder llegar de los pueblitos hasta Corozal y vice versa, es necesario atravesar el New River sobre un ferry que lleva por nombre Pueblo Nuevo Ferry.

4.1.6. Mapa de Ubicación del Sitio de Estudio



Mapa 3. Área de Estudio en el New River

Fuente: Elaboración Propio

4.1.7. Fotos del Sitio de Estudio



Fig. 1. *Rhizophora mangle* L. en el New River. David Medina, 2017.



Fig. 2. Vegetación riparia en el New River. David Medina, 2017.



Fig. 3. Vegetación frente al mangle. David Medina, 2017.



Fig. 4. Sitio de muestreo. David Medina, 2017.

4.2. Mopan River

El Mopan River se encuentra en la parte suroeste de Belice, en el distrito de Cayo. Es una cuenca binacional que abarca desde el municipio Peten en el país de Guatemala y se une con el Río Belice que desemboca en el mar Caribe en la costa al este del país. En una escala regional, el Mopan River, en ambos lados de los países, proporciona importantes vinculaciones dentro del sistema del Corredor Biológico Mesoamericano, desempeñando como vías para el movimiento de la flora y fauna (Karper & Boles, 2004). Alrededor del 40% de su cuenca hidrográfica se concentra en Guatemala y el 60% en Belice.

El Mopan River se origina en el río Chiquibul que se encuentra dentro de la Reserva Forestal de Chiquibul, drenando un estimado de 1020.3 km² en la subcuenca. Las áreas abundantes de kárstico que cubren esta región resultan en una serie de pozos y ojos de agua en donde el río desaparece y reaparece (incluyendo el sistema de cuevas de Chiquibul), emergiendo en Guatemala, luego fluyendo al este, entrando al territorio beliceño para encontrarse con el río Macal (Walker et al, 2007).

En Guatemala, el Mopan River recorre una gran parte del sur de Peten y representa una de las principales vías fluviales y de intercambio en este amplio sector de las Tierras Bajas. La cuenca alta del río aparece en un sector de las Montañas Mayas del municipio de Dolores en Guatemala, fluye de sur a norte hasta resumirse (Laporte 1992). Luego de desaparecer por 12 km, el caudal o la cuenca media del Mopan River resurge en un nuevo torrente otros 30 km en dirección norte, a través de terreno relativamente plano, el cual abarca 400 km², limitada al oeste por la cuenca Salsipuedes y al este por la cuenca de Chiquibul, ambos afluentes del Mopan River (Laporte & Mejia 2001). A su vez, la cuenca baja del Mopan River inicia en la confluencia del río Salsipuedes, luego recorre otros 10 km hasta recibir el río Chiquibul, para luego ingresar al país de Belice por unos 15 km hacia el norte, antes de cruzar hacia el este en Bullet Tree Falls hacia su confluencia con el Macal River en Branch Mouth, en donde da inicio el Belize River. (Smith 1998, Yaeger 2000, Laporte & Mejia 2001).

La cuenca baja del Mopan River incluye un amplio terreno en donde el caudal fluye a través de tierras llanas cuya elevación es menor a 260 m sobre el nivel del mar. La cuenca

es ancha, delimitada por amplias terrazas aluviales. Aunque en algunos lugares la planicie de inundación excede 1 km, en otros, el cauce se contrae entre cerros y riscos.

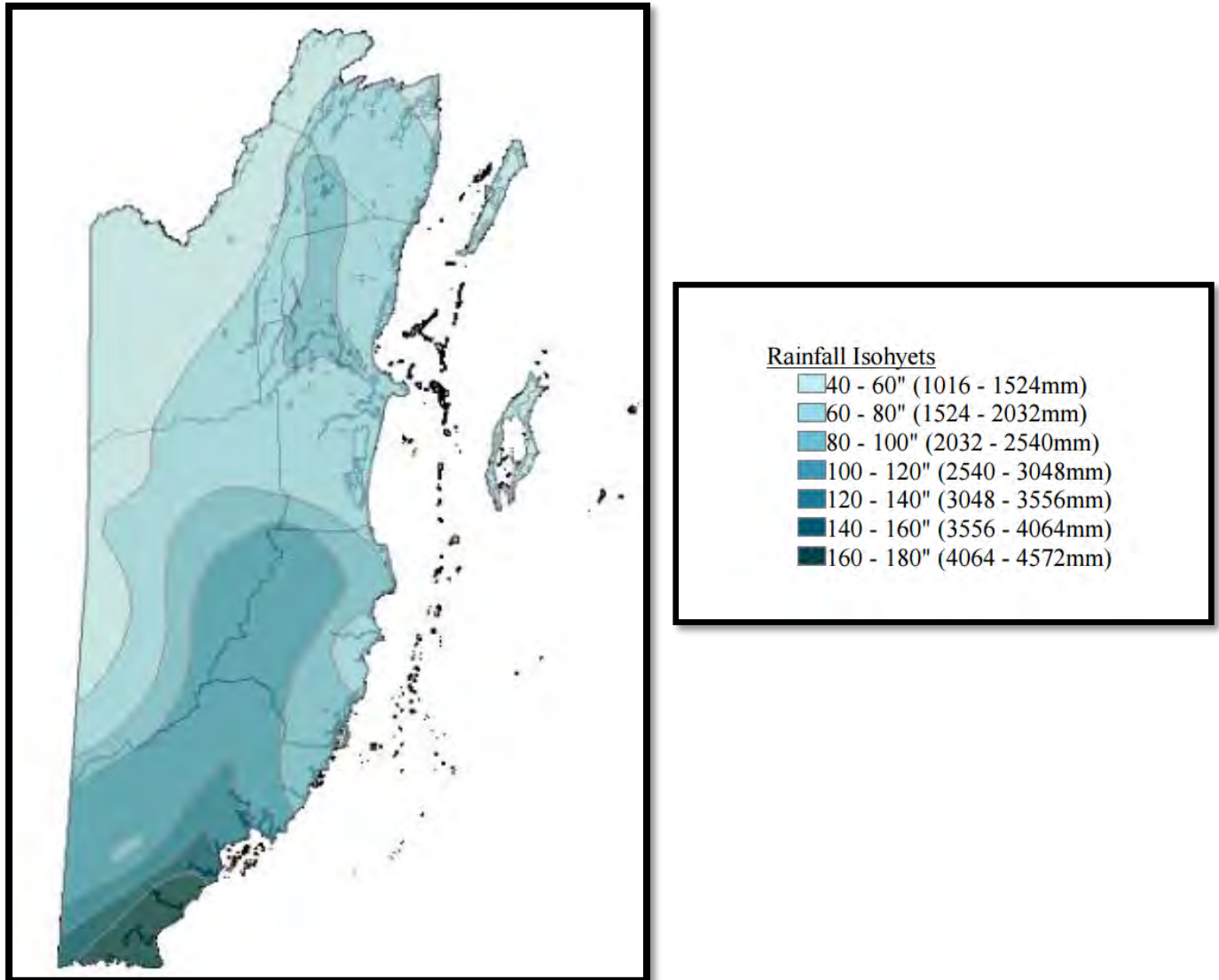
En el curso bajo del río es notorio el descenso en la fuerza de la corriente por lo que el caudal se encuentra al máximo y es navegable. El nivel del agua tiende a incrementar lentamente y llega a crecer hasta 1.5 m cada año (Yaeger 2000, Laporte & Mejia 2001).

4.2.1. Clima

La temperatura es generalmente influida por la elevación, proximidad a la costa, y los efectos moderados de los vientos alisios del noreste sobre el Caribe. La temperatura promedio en Belice es aproximadamente 27.2°C a lo largo de la costa y 20.5°C en las montañas. Central Farm en distrito de Cayo, se encuentra relativamente cercano al área de estudio donde el promedio máximo de temperatura es de 31.3°C y el promedio mínimo es de 20.5°C (Vanzie, 2008).

4.2.2 Precipitación

El distrito de Cayo tiene un promedio de 125 días lluviosos cada año y un promedio de 1016-1524 mm de precipitación anual, como se puede observar en el siguiente mapa.



Mapa 4. Precipitación anual en Belice

4.2.3. Vegetación

La estructura de la vegetación de la cuenca del río es un componente complejo del sistema, desempeñando funciones importantes necesarias para mantener efectivo la integridad del paisaje, calidad de aguas superficiales y subterráneas y por consecuencia las zonas inundables, humedales y zonas costeras, recibiendo descargas de la cuenca del río. La vegetación ejerce control en modelos hidrológicos, geomorfología, transportación de sedimentos, complejidad de hábitat y ecología trófica de arroyos y ríos. Los bosques de tierras altas son importantes mediadores de patrones micro climáticos y desagüe de cauces a causa de tasas de evapotranspiración y también contribuyen especies, agua, detritus, materia orgánica disuelta y nutrientes a vegetaciones riparias (Peterjohn & Correll 1984, Pinay & Decamps 1988, Tabacchi 1995).

Laporte & Mejia en su artículo de contribución La Cuenca Baja del Mopan River en 2006 mencionan que geográficamente, la región del Mopan River corresponde a la sabana húmeda, característica del centro del Peten, encontrándose con algunas zonas de bosque tropical hacia el norte y sureste. Estas últimas zonas de bosque tropical predominan en el caudal bajo del Mopan River que se encuentra en el territorio beliceño donde se eligió el área para muestrear.

En la zona de estudio, el cual pertenece a la cuenca baja del Mopan River, es característico el bosque tropical latifoliado de tierras bajas. Algunas especies principales en este ecosistema son el Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Bullrush (*Zamia prasina*), Nargusta (*Terminalia amazonia*), Palma de Corozo (*Attalea cohune*), y Quamwood (*Schizolobium parahyba*).

Los bosques tropicales riparios tienen un rol importante en los bordes entre parcelas agrícolas y ecosistemas acuáticos fluyentes. Trabajos de campo han demostrado que la calidad del agua en condiciones de fluidez en la base está relacionada con la presencia y ausencia de ecosistemas riparios.

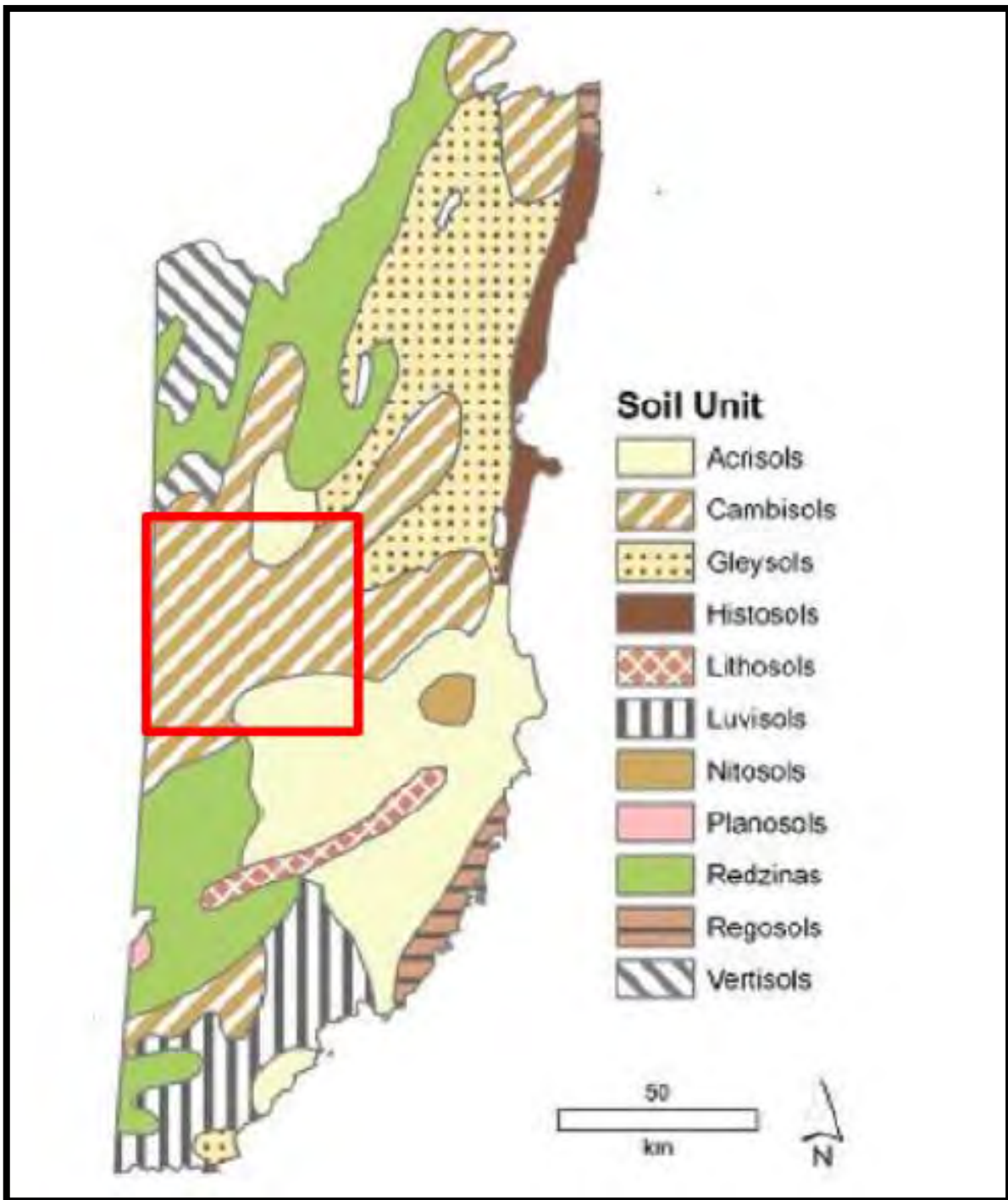
4.2.4. Tipo de Suelo

4.2.4.1 Geología y Suelos en General del Distrito de Cayo

En el proyecto de “Belize Climate Resilient Infrastructure Project” de 2014, en la zona oeste de la ciudad de Belmopan, se llevó a cabo un estudio de la geología y los tipos de suelos presentes en esta área (ver mapa 5). Esta descripción pertenece al distrito de Cayo, abarcando desde el municipio de San Ignacio y la frontera Belice-Guatemala, este último sitio siendo el más cercano al área de estudio. Situándose al norte de los Maya Mountains, la geología del área del proyecto se caracteriza por terrenos montañosos, colinas escarpadas, quebradas de piedra caliza conteniendo simas, cavernas y corrientes subterráneas. Existen algunas áreas de terrenos kársticos montañosos como los cerros Yalbac Hills a lo largo de la frontera oeste con Guatemala.

Estos suelos que se encuentran en un arco alrededor de las Maya Mountains son probablemente resultado de la erosión, de modo que son productos de terrenos con mayor altitud (Darwin Initiative, 2000). Los suelos que se forman a base de piedra caliza suelen tener un pH cercano a neutral, con oscuras capas superficiales, alto nivel de saturación básica y alto contenido de arcilla. La mayoría de los suelos en la zona de las Maya Mountains son poco profundos y pedregosos, tienden a ser altamente variables, y dependen en gran medida de la naturaleza de la roca madre; mayormente granitos, cuarzo, pizarras, esquisto y gneis (BEST, 2008).

En suma, la zona al oeste de Belmopan está localizada dentro de la cuenca del Belize River, incluyendo las captaciones hidrológicas del Belize River, Mopan River y Macal River. Arroyos de agua dulce y riachuelos son abundantes en el área, de igual manera, existen aguas subterráneas que generalmente se encuentran disponibles dentro de las zonas menos montañosas, compuesto por sedimentos calcáreos de alta permeabilidad.



Mapa 5. Mapa de los tipos de suelo en el distrito de Cayo

4.2.4.2. Topografía General

Estas colinas escarpadas con mucha vegetación en el norte de la meseta de los Maya Mountains son drenadas por los ríos Belice, Mopan, Macal y sus afluentes. El Cockscomb Range, una estribación de los Maya Mountains, recorre hacia el mar y culmina en Doyle's Delight, el cual, a una elevación de 1,124 m, es el punto más alto de Belice (Programme for Belize, 2003).

4.2.4.3. Geología del Mopan River

La primera de las zonas geográficas asociadas al sistema del Mopan River corresponde al noreste de las Montañas Maya, en donde se ubican sus fuentes, formado por arroyos menores que corren por angostos cañones hasta su resumidero. Esta es una serranía de baja altura, menor a los 1000 m sobre nivel del mar. Representa una isla de materiales ígneos y metamórficos, dentro de una planicie sedimentaria y de bosque tropical. Proporciona importantes materias primas tales como granitos, areniscas, cuarcitas, pirita, hematites, esquistos y pizarras (Ower 1928, Bullard 1963, E. Graham 1987^a, Shipley y E. Graham 1987, Laporte 1992).

Se identifican cuatro terrazas aluviales en la cuenca baja del río: la planicie de inundación actual, una segunda terraza que se inunda en forma ocasional, y dos terrazas más altas que raramente o nunca se inundan (Fedick, 1989, Jenkin et al. 1976). Los procesos erosivos son poco importantes en esta área, mientras que los procesos de sedimentación predominan y son los que alteran el paisaje, puesto que en el largo recorrido del río a través de cerros de caliza y planicies llegan a saturar estos ríos con carbonato de calcio. Este mineral se precipita creando barras que pueden formar diques y cascadas, por ejemplo, en Branch Mouth en Belice (Smith, 1998). Laporte menciona que estas son formaciones de tufa o caliza el cual es un depósito poroso y blanco de carbonato de calcio.

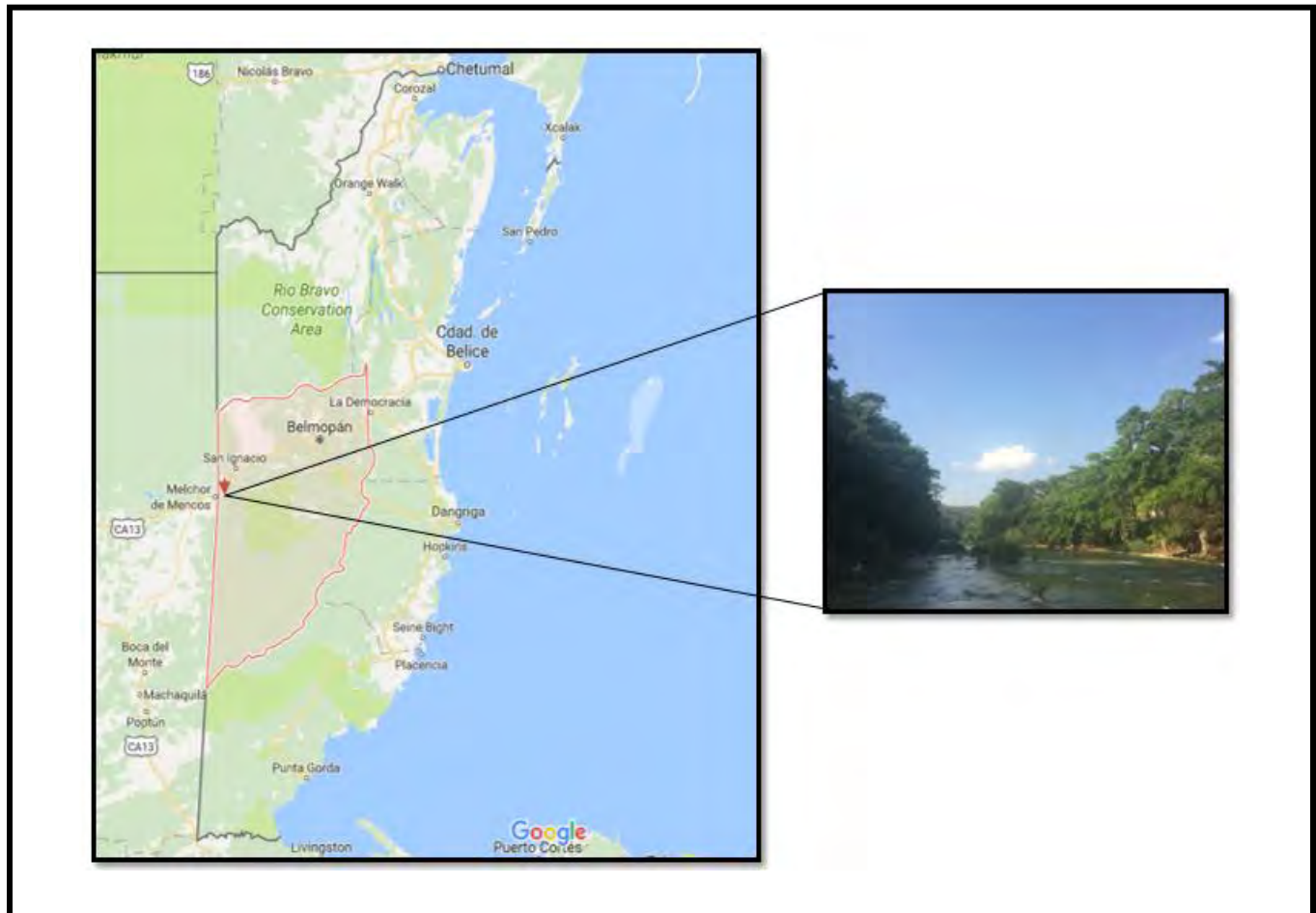
4.2.5. Comunidades Cercanas

El área donde se llevó a cabo el estudio de la fauna edáfica es en la cuenca baja del Mopan River en el país de Belice. La cuenca baja es una región de 120 km² en la que se despliegan muchos sitios prehispánicos de distinta complejidad y dimensión. Existen por lo menos veinte comunidades y tres municipios situados dentro de la cuenca baja del Mopan River. Estas comunidades dependen de esta cuenca para abastecer su necesidad diaria de agua y por consiguiente tienen diferentes niveles de impacto sobre los ríos y cauces del área.

Las comunidades que se encuentran más cercanas al área de estudio son San José Succutz y el municipio de Benque Viejo del Carmen en Belice y la comunidad de Melchor de Mencos en Guatemala.

Cerca del área de muestreo se encuentra una ciudad maya antigua llamada Xunantunich, donde se pueden apreciar varias pirámides. Está situado al lado de la carretera George Price, frente a la aldea de San José Succutz. Para llegar al lugar es necesario atravesar el río sobre un ferry, el cual opera diario desde las 8 a.m. hasta las 5 p.m. Este sitio arqueológico es visitado por extranjeros durante todo el año. Se sitúa por lo menos a 1.6 kms de distancia de los rápidos del Mopan River y provee una vista impresionante de todo el valle.

4.2.6. Mapa de Belice y Mapa de Ubicación del Sitio de Estudio



Mapa 6. Área de Estudio junto al Mopan River

Fuente: Elaboración Propia

4.2.7. Fotos del Sitio de Estudio



Fig. 5. *Ateles geoffroyi*. Kamira Cooch, 2017.



Fig. 6. Tortugas presentes en el Mopan River. Kamira Cooch, 2017.



Fig. 7. *Cedrela odorata*. Kamira Cooch, 2017.



Fig. 8. Plantas Epífitas. Kamira Cooch, 2017.



Fig. 9. Mopan River. Kamira Cooch, 2017.



Fig. 10. Mopan River. Kamira Cooch, 2017.

5. METODOLOGÍA

5.1. Trabajo de Campo

5.1.1. Selección de Áreas

Se realizaron un total de tres muestreos a las orillas adyacentes del Mopan River (figura 10) al suroeste y el New River al norte del país de Belice durante los meses de marzo, mayo y julio respectivamente. Se seleccionaron los sitios de estudio tomando en cuenta los tipos de vegetación dominantes en estos ecosistemas riparios; Mopan River con selva tropical perennifolia y New River con Manglar.



Fig. 11. Colecta de muestras de hojarasca. Kamira Cooch, 2017.

5.1.2. Colecta en Sitios con Afectación Antrópica

Los muestreos en las áreas de estudio se llevaron a cabo en diferentes estaciones del año. Se han reconocido dos estaciones principales en el país de Belice, siendo estas: la temporada seca y la temporada lluviosa. Empezando en el mes de febrero hasta el mes de mayo es considerado la estación seca en el país, siendo los meses febrero y mayo con precipitaciones significativamente inferiores al resto del año. La época lluviosa se presenta desde el mes de junio a diciembre, aunque esta estación es interrumpida por una pequeña temporada de secas en los meses de julio y agosto. Los meses de junio hasta diciembre pertenecen a la temporada de huracanes.

Durante el mes de mayo, en el área de estudio del Mopan River, fue necesario muestrear en un sitio distinto al original debido a que el área de muestreo era una propiedad privada que fue modificada con el proceso de tumba y quema (ver figura 11) para cultivar cilantro, plátano, calabaza entre otras. Fue necesario recolectar en un área relativamente cercana y con condiciones similares al área original para poder realizar el muestreo exitosamente.



Fig. 12. Deforestación en el área de estudio a la orilla del Mopan River. Kamira Cooch, 2017.

El tercer muestreo de ambos sitios se llevó a cabo en el mes de agosto. Antes de salir al campo a recolectar las muestras, al principio del mes se formó el ciclón Earl en el Mar Caribe. Earl, de categoría 1, alcanzó tierra en Belice (ver figura 12) afectando la mayor parte del país con fuertes vientos y lluvias. Las lluvias afectaron ambos ríos ya que provocaron inundaciones, aguas turbias, contaminación, destrucción de puentes y casas etc. (ver figura 13). Esto ocasionó algunas complicaciones a la hora de muestrear. La mayoría de las muestras fueron colectadas en áreas donde se había inundado lo cual causó que las muestras estuvieran muy húmedas. Las muestras recolectadas en este mes fueron etiquetadas y trasladadas al laboratorio para ser procesadas en embudos de Berlese. Se dejaron procesar 8 días debido a que se encontraban muy húmedas, de esta forma se permitió secar las muestras lo suficiente para que los micrartrópodos pudieran caer al alcohol.



Fig. 13. Huracán Earl alcanzando tierra en el país de Belice.

Fuente: theweatherchannel.com, 2017



Fig. 14. Inundación causada por el huracán Earl.

Fuente: channel5belize.com, 2017

5.1.3. Colecta de Opilioacáridos

Además de la recolección de hojarasca, en ambas zonas de estudio se recolectaron troncos en descomposición, musgo, corteza de los árboles y hongos (figura 14) con el objetivo de encontrar Opilioacáridos y otros ácaros de vida libre. Las muestras fueron etiquetadas y posteriormente procesadas utilizando el método de Embudos de Berlese.



Fig. 15. Troncos y hongos en sitio de colecta. Kamira Cooch, 2017.

5.1.4. Colecta

En cada sitio se eligieron cuatro puntos para la recolección de hojarasca a lo largo de un transecto de 20 m x 1 m con intervalos de 5 metros entre cada punto. En cada punto se tomó una muestra dentro de un cuadrante de 20cm por 20cm. Se removió la hojarasca recién caída y se introdujo la hojarasca en descomposición en bolsas de plástico transparente las cuales fueron etiquetadas con los datos de colecta: sitio, número de muestra y fecha de colecta. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio para ser procesadas.

5.2. Trabajo de Laboratorio

5.2.1. Extracción de Organismos

Las muestras fueron procesadas con la ayuda de embudos de Berlese, el cual consta con un embudo grande de metal de 30 cm de diámetro en su boca más ancha y 45 cm de largo con una abertura de 5 cm en la parte más angosta del embudo (ver figura 15). En la

parte superior se colocó un tamiz sobre un aro metálico, el cual quedó dentro de la abertura más amplia del embudo (figura 17). Sobre este tamiz se colocó la hojarasca, musgo y corteza colectada, de forma invertida y ligeramente desagregada manualmente. La parte inferior del embudo se colocó dentro de un frasco colector con alcohol al 70% el cual funcionó como fijador y conservante (ver figura 16). La muestra se dejó secar por 5 días y las más húmedas hasta 8 días. A medida que la muestra se fue secando, los ejemplares se concentraron en la parte inferior de la misma y acabaron cayendo en el recipiente con alcohol situado en el extremo del embudo.

El principio por el cual funciona este método de extracción es el de fototropismo negativo que presentan los organismos del suelo y el geotropismo positivo, por el cual, al bajar los organismos a partes más profundas de la muestra, caerán por el embudo al frasco colector. (Sengbush, 1954; Murphy, 1962 & Krantz, 1978).



Fig. 16. Embudo de Berlese. Kamira Cooch, 2017.



Fig. 17. Frasco con Alcohol al 70%. Kamira Cooch, 2017.



Fig. 18. Hojarasca en del embudo. Kamira Cooch, 2017.

5.2.2. Observación, Separación y Cuantificación

Para el estudio de los ácaros se requiere contar con buenos ejemplares y excelentes preparaciones, las cuales permitirán observar y reconocer las diferentes partes (sedas, sencilas y estructuras bucales presentes en los organismos y que serán muy útiles para la identificación y clasificación de los organismos (Grandjean, 1949; Coineau, 1974; Vázquez, 2011).

Posteriormente se procedió a la clasificación de los organismos (figura 18) bajo el microscopio estereoscópico (figura 19), donde los organismos fueron separados y cuantificados en viales de acuerdo a su familia taxonómica. Algunos organismos fueron identificados a nivel de género y especie cuando era posible, utilizando catálogos de Balogh & Balogh (1988), Balogh & Balogh (1990) y Balogh & Balogh (1992). Los viales fueron etiquetados con sus datos de colecta e información taxonómica para ser conservados en alcohol al 70%.



Fig. 19. Observación y Cuantificación de Organismos. Kamira Cooch, 2017.

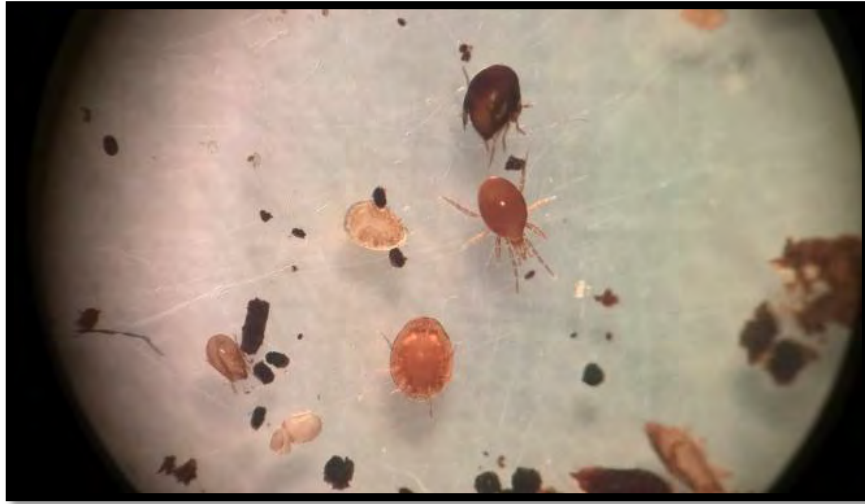


Fig. 20. Organismos bajo el Microscopio Estereoscópico. Kamira Cooch, 2017.

5.2.3. Aclaración de Ejemplares

Algunos ácaros fueron tomados como ejemplares y puestos en lactofenol y algunos ejemplares de colémbolos fueron puestos en potasa para que ambos fueran aclarados mediante el macerado del contenido de materia orgánica, pero al mismo tiempo preservando sus estructuras externas que fueron utilizadas para la clasificación. El lactofenol se preparó utilizando 50 partes de ácido láctico, 25 partes de Cristales de fenol y 25 partes de agua destilada.

5.2.4. Proceso de Disección y Montaje

Algunos ejemplares previamente aclarados fueron disectados con un juego de agujas muy finas para poder realizar la clasificación, identificación y descripción de estos mismos. Vázquez, en el libro *Técnicas de Muestreo*, en el apartado *Ácaros*, 2011, describe los pasos de disección que fueron utilizados para este proceso. Menciona que la separación de las placas dorsal y ventral es el primer paso y la separación de las estructuras bucales, sobre todo en Uropodina (figura 20), son indispensables para la determinación a nivel de especie.

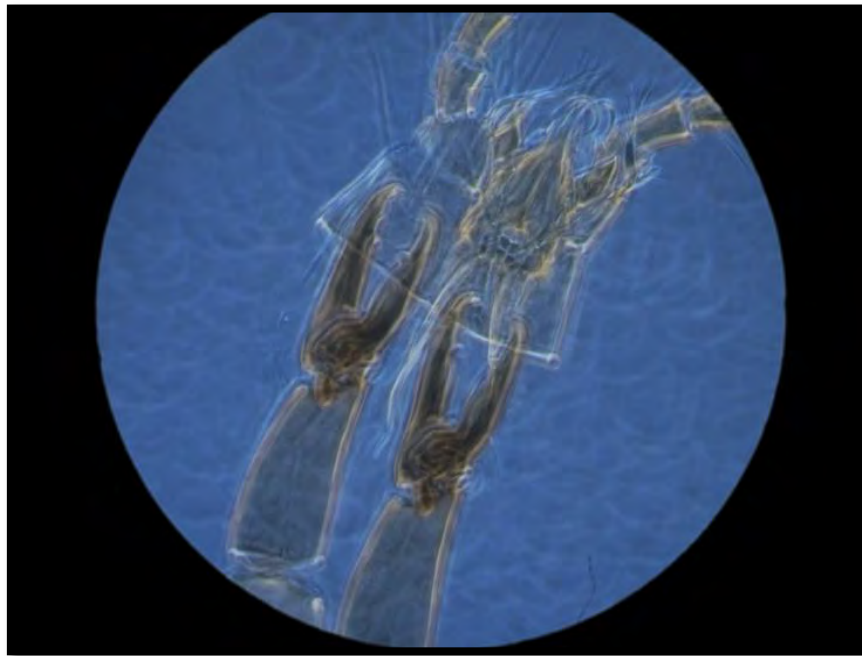


Fig. 21. Fotografía de estructuras bucales de Uropodina tomada bajo el microscopio óptico.
Ma. Magdalena Vázquez González, 2017.



Fig. 22. Microscopio Carl Zeiss. Kamira Cooch, 2017.

Para llevar a cabo el proceso de disección, el organismo se colocó en un portaobjetos con una gota de líquido de Hoyer. Esta sustancia contiene 50 ml de agua destilada, 30 g Goma Arabiga (en piedra), 200 g Hidrato de Cloral y 20 ml de Glicerina.

Posteriormente con una aguja muy fina y con la ayuda de un microscopio se separaron las placas dorsal y ventral y luego se extrajeron las estructuras bucales. Vázquez menciona que estas estructuras suelen salir muy fácilmente en ácaros bien aclarados ya que el lactofenol reblandece la cutícula, lo cual, favorece la maniobra de extracción.

El cuerpo disectado con las placas dorsal y ventral se dejó en una preparación mientras que las estructuras bucales fueron colocadas en una segunda preparación. Ambas preparaciones fueron etiquetadas con la misma información y el número de preparación.

5.2.5. Preparaciones Permanentes

Para realizar preparaciones permanentes, los organismos previamente aclarados en lactofenol, se enjuagaron con agua destilada para eliminar la solución y evitar que los residuos de este se cristalicen en la preparación. Una pequeña gota de líquido de Hoyer se colocó en un portaobjetos. Esta solución tenía una consistencia viscosa lo cual ayudó a realizar la disección sin perder las partes disectadas (Vázquez, 2011). Posteriormente se colocó el organismo en el centro de la gota, luego con una aguja muy fina se acomodó el organismo ventralmente y cuidadosamente se trató que las patas no quedaran dobladas o torcidas. Enseguida se colocó cuidadosamente un cubreobjetos cuidando que no caiga sobre la preparación directamente, de esta manera se fue bajando despacio. Así se fue extendiendo el líquido de Hoyer hacia los extremos, tras esto con una goma de lápiz se fue efectuando una ligera presión sobre el cubreobjetos para ayudar a extender uniformemente el líquido de Hoyer. Las preparaciones se dejaron secar en una estufa con una temperatura constante de 50°C por cinco días. Luego se sellaron con barniz a fin de evitar la hidratación para que se puedan conservar en la colección. Las preparaciones se etiquetaron llevando en ambos lados una etiqueta con los datos de sitio de colecta: país, localidad, fecha, y microhábitat donde se colectó el organismo. Del lado izquierdo los datos relacionados con el organismo: familia, género, especie, y el nombre del colector (figura 22).



Fig. 23. Ejemplares de Preparaciones Permanentes. Kamira Cooch, 2017.

5.3. Análisis Estadístico

Para poder realizar el análisis estadístico se calcularon diferentes índices que ayudaron a interpretar el comportamiento de los bioindicadores presentes. De igual manera, estos índices facilitaron la comparación de los datos obtenidos en los resultados de cada sitio de muestreo. Para calcular la abundancia relativa (%) y ANOVA se corrigieron los datos de abundancia absoluta y densidad mediante la ecuación $\sqrt{(x + 0.5)}$ de acuerdo a Zar (1984) con el fin de acercar los datos originales a la normalidad.

Se calcularon los índices de diversidad de Shannon (H'), de equitatividad de Pielou (J'), y el de dominancia de Simpson ($1/\lambda$), y para medir el grado de similitud de la fauna edáfica entre los dos sitios de colecta se calculó el índice de Jaccard.

5.3.1. Abundancia Relativa (%)

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

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

Donde:

n = total de individuos que presenta cada taxa

N = total de individuos presentes

5.3.2. Riqueza Específica (S)

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

Índice de Margalef

$$D_{mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Donde: S= número de géneros

N= número total de individuos

5.3.3. ANOVA

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, para determinar el efecto de la zona sobre la abundancia de microartrópodos. Estas pruebas se hicieron con el programa Statgraphics Centurion XVII.II-X64.

5.3.4. Índice de Shannon-Wiener

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev & Penev, 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las

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

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

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

Donde:

p_i = abundancia relativa de la especie i

Índice de diversidad ponderado

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

Donde:

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

Varianza del índice ponderado H_p

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

Diferencia de varianzas

$$Dvar = \sqrt{(var1 + var2)}$$

Los índices de diversidad de Shannon se compararon entre sí mediante una prueba de “t” de Student modificada (Zar, 1984) utilizando la corrección de Bonferroni, calculando los grados de libertad (programa PAST versión 2.17c, 2013) mediante la fórmula:

Valor de t

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

Grados de libertad asociados a valor de t

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

5.3.5. Equidad de Pielou (J')

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

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

Donde:

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

5.3.6. Índice de Simpson

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

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

Donde:

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

5.3.7. Índice de Similitud/Disimilitud

Expresan el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, por lo que son una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras. Sin embargo, a partir de un valor de similitud (s) se puede calcular fácilmente la disimilitud (d) entre las muestras: $d=1-s$. Estos índices pueden obtenerse con base en datos cualitativos o cuantitativos directamente o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades (Baev & Penev, 1995)

5.3.7.1. Índice de similitud de Jaccard:
$$I_j = \frac{c}{a+b-c}$$

Donde:

a = número total de especies del sitio A

b = número total de especies del sitio B

c = mismas especies compartidas en la A y B

6. RESULTADOS

6.1. Abundancia y Riqueza de Microartrópodos

Se colectaron 24 muestras durante tres meses de las cuales se obtuvieron un total de 15,115 individuos, agrupados en 94 familias y 134 géneros. En el área de manglar del New River (Sitio II) hubo un registro de 8,182 individuos mientras que en el Mopan River (Sitio I) con selva mediana inundable se obtuvo un total de 6,933 individuos. A pesar de que el New River obtuvo la mayor abundancia de organismos, el Mopan River tuvo una mayor riqueza de especies al presentar una cantidad superior de géneros. (Tabla 1)

Tabla 1. Abundancia absoluta (Total) y abundancia relativa (%) de Notostigmata y Cryptostigmata en el New River y Mopan River en función del mes y el sitio de muestreo

		<u>Sitio I: Mopan River, Cayo</u>				<u>Sitio II: New River, Corozal</u>				Abundancia Relativa %
Familias	Género	Marzo		Mayo		Julio		Total		
		I	II	I	II	I	II			
Notostigmata										
Oplioacaridae	Caribeacarus	6	0	12	0	0	0	18	0.065	
Cryptostigmata										
Acaronychidae	Acaronychus	0	40	0	0	0	0	40	0.145	
Phtiracaridae	Hoplophorella	0	8	0	0	0	0	8	0.029	
	Notophthiracarus	5	5	3	5	0	0	18	0.065	
	Phthiracarus	57	12	38	95	5	243	450	1.637	
	Steganacarus	6	0	0	0	0	0	6	0.022	
Euphthiracaridae	Brasilotritia	19	7	22	7	10	117	182	0.662	
Hypochthoniidae	Eohypochthonius	0	1	0	66	2	133	202	0.735	
	Malacoangelia	6	2	0	0	0	0	8	0.029	
Sphaerochthoniidae	Sphaerochthonius	0	0	2	1	0	45	48	0.175	
	Sph. Nuevo género 1	0	0	90	0	0	0	90	0.327	
	Sph. Nuevo género 2	0	0	10	0	0	0	10	0.036	
Protoplophoridae	Cryptoplophora	1	0	0	0	0	0	1	0.004	

Cosmochthoniidae	Cosmochthonius	7	4	0	0	1	0	12	0.044
Brachychthoniidae	Brachychthonius	3	0	0	0	4	0	7	0.025
Pterochthoniidae	Pterochthonius	0	4	0	0	0	0	4	0.015
Lohmannidae	Lohmannia	100	110	0	0	0	482	692	2.517
	Mixacarus	0	0	0	17	0	5	22	0.080
	Torpacarus	54	0	6	0	2	0	62	0.225
Nothridae	Nothrus	2	14	0	16	1	97	130	0.473
Trhypochthonidae	Afronothrus	12	0	1	0	65	0	78	0.284
	Allonothrus	314	19	214	116	14	371	1048	3.812
	Archezogetes	46	83	0	7	6	0	142	0.516
	Pseudonothrus	18	0	0	0	0	0	18	0.065
Malacoethridae	Fossonothrus	0	3	0	0	0	0	3	0.011
	Malacoethrus	713	0	1	0	5	0	719	2.615
	Trimalacoethrus	600	422	2	126	15	246	1411	5.132
Nanhermanniidae	Cynthermannia	1	1	0	0	0	0	2	0.007
Hermanniellidae	Baloghacarus	2	0	14	0	0	0	16	0.058
	Sacculobates	30	25	37	66	3	69	230	0.837
Plasmobatidae	Plasmobates	19	0	0	0	0	0	19	0.069
	Solenozetes	8	0	0	0	0	0	8	0.029
Liodidae	Liodes	69	0	98	86	7	100	360	1.309
	Teleioliodes	41	1	0	0	0	0	42	0.153
Plateremaeidae	Plateremaeus	0	0	1	0	0	0	1	0.004
Pheroliodidae	Pheroliodes	0	0	1	0	0	0	1	0.004
Hammeriellidae	ca. Novazelandiella	0	1	0	0	0	0	1	0.004
Damaeioidea	Damaeus	119	0	67	49	3	82	320	1.164
Cepheoidea	Reticulocephus	3	0	2	0	1	0	6	0.022
Anderemaeidae	Cristeremaeus	0	0	0	1	0	0	1	0.004
	Anderemaeus	1	0	0	0	0	0	1	0.004
Microtegeidae	Microtegeus	3	0	0	3	8	6	20	0.073
Charassobatidae	Charassobates	0	0	0	0	0	2	2	0.007
Microzetidae	Microzetes	7	0	0	0	0	29	36	0.131
Eremaeozetidae	Eremaeozetes	0	8	0	0	0	0	8	0.029
Eremulidae	Eremulus	190	0	84	9	9	0	292	1.062
Eremobelbidae	Eremobelba	0	4	5	9	0	20	38	0.138
Tegeocranellidae	Tegeocranellus	1	422	0	0	0	0	423	1.538
Carabodidea	Carabodes	60	21	0	67	1	82	231	0.840
	Cubabodes	8	0	0	0	0	0	8	0.029
	Spathulocephus	48	0	2	27	0	0	77	0.280
Zetorchestidae	Zetorchestes	5	0	0	1	0	12	18	0.065
Xenillidae	Xenyllus	12	0	0	7	0	3	22	0.080
Astegistidae	Astegistes	4	14	0	14	3	47	82	0.298
Thyrisomidae	Oribatella	0	0	200	5	36	5	246	0.895
Oppidae	Oppia	521	1	104	41	45	1	713	2.593

Autognetidae	Conchogneta	42	0	0	0	0	19	61	0.222
Hydrozetidae	Hydrozetes	0	5	0	0	0	0	5	0.018
Ameronothridae	Aquanothrus	0	1	0	0	0	0	1	0.004
Cymbaeremaeidae	Scapheremaeus	16	1	0	0	0	0	17	0.062
Passalozetidae	Passalozetes	0	1	0	0	0	0	1	0.004
Mochlozetidae	Podoribates	2	0	1	0	0	0	3	0.011
Xylobatidae	Brasilobates	15	0	0	0	2	0	17	0.062
	Perxylobates	29	0	19	6	4	0	58	0.211
	Tryxilobates	1	0	127	14	12	0	154	0.560
	Xylobates	452	44	4	0	39	125	664	2.415
Protoribatidae	Liebstadia	1	41	7	28	0	0	77	0.280
Oribatulidae	Dometrina	0	0	1	0	0	0	1	0.004
Haplozetidae	Rostrozetes	39	68	19	304	14	29	473	1.720
Nasobatidea	Nasobates	1	0	0	0	0	0	1	0.004
Schelorbitidae	Schelorbitates	0	4	1	20	2	24	51	0.185
Ceratozetidae	Ceratozetes	0	294	0	0	0	0	294	1.069
Oribatellidae	Oribatella	30	0	0	0	0	0	30	0.109
Galumnidae	Galumna	10	56	1	70	6	47	190	0.691
	Neopilizetes	1	0	0	0	0	0	1	0.004
	Paragalumna	2	0	0	0	0	0	2	0.007
	Pergalumna	2	0	0	0	0	0	2	0.007
Riqueza		53	35	32	30	29	27	76	
Abundancia		3758	1747	1184	1283	325	2441	10738	

Tabla 2. Abundancia absoluta (Total) y abundancia relativa (%) de Mesostigmata en el New River y Mopan River en función del mes y el sitio de muestreo.

Sitio I: Mopan River, Cayo

Sitio II: New River, Corozal

Mesostigmata									
Uropodidae	Uropoda	201	184	15	90	64	183	737	2.680
	Deraiophorus	23	0	0	0	0	0	23	0.084
Trachyuropodidae	Trachyuropoda	0	2	0	0	0	0	2	0.007
	Phymatodiscus	0	0	0	1	10	3	14	0.051
Trichouropedellidae	Trichouropodella	0	3	0	0	0	0	3	0.011
Urodiaspididae	Urodiaspis	0	1	2	0	2	3	8	0.029
Urodinychidae	Uroobovella	0	4	2	3	0	13	22	0.080
Discourellidae	Discourella	0	1	4	0	0	0	5	0.018
Dynichidae	Dynichus	0	0	6	2	0	9	17	0.062
Dithinozerconidae	Uroseius	0	0	0	1	0	0	1	0.004
Trichocyllibidae	Trichocylliba	0	0	0	1	0	0	1	0.004
Oplitidae	Oplitis	0	0	0	2	0	0	2	0.007
Polyaspididae	Polyaspis	0	34	0	3	0	15	52	0.189
Uroactiniidae	Uroactinia	0	0	4	0	0	0	4	0.015
Veigaiidae	Veigaia	220	9	0	0	9	22	260	0.946
Laelapidae	Hololaelaps	45	20	0	0	33	61	159	0.578
Sejidae	Epicroseius	0	1	0	0	0	0	1	0.004
Epicriidae	Gen.. Des. 1	2	1	0	0	0	0	3	0.011
Podocinidae	Podocinum	1	0	21	20	0	0	42	0.153
Macrochellidae	Macrochelles	2	0	24	19	0	0	45	0.164
Ascidae	Asca	1	0	0	0	0	0	1	0.004
Diplogynidae	Diplogynius	2	0	0	0	0	0	2	0.007
Riqueza		9	11	8	10	5	8	22	
Abundancia		497	260	78	142	118	309	1404	

Tabla 3. Abundancia absoluta (Total) y abundancia relativa (%) de Prostigmata en el New River y Mopan River en función del mes y el sitio de muestreo.

Sitio I: Mopan River, Cayo Sitio II: New River, Corozal

Prostigmata									
Cunaxidae	Cunaxa	27	0	0	0	0	0	27	0.098
Smarididae	Smaris	9	0	8	2	0	0	19	0.069
Trombidiidae	Gen. Des. 2	0	0	0	3	2	0	5	0.018
Scutacaridae	Scutacarus	49	0	0	0	5	0	54	0.196
Lordalychidae	Lordalycus	1	1	0	0	0	0	2	0.007
Nanorchestidae	Nanorchestes	3	0	0	0	0	0	3	0.011
	Speleorchestes	1	0	0	0	0	0	1	0.004
Arrenuridae	Arrenurus	0	2	0	0	0	0	2	0.007
Eupodidae	Eupodes	3	0	0	0	0	0	3	0.011
	Linopodes	1	0	0	0	0	0	1	0.004
Bdellidae	Bdella	1	0	0	0	0	0	1	0.004
	Spinibdella	1	0	0	0	0	0	1	0.004
Pachygnathidae	Bimichaelia	1	0	0	0	0	0	1	0.004
Stigmaeidae	Stigmaeus	1	0	0	0	0	0	1	0.004
Labidostomatidae	Labidostoma	4	0	0	0	0	0	4	0.015
Riqueza		13	2	1	2	2	0	15	
Abundancia		102	3	8	5	7	0	125	

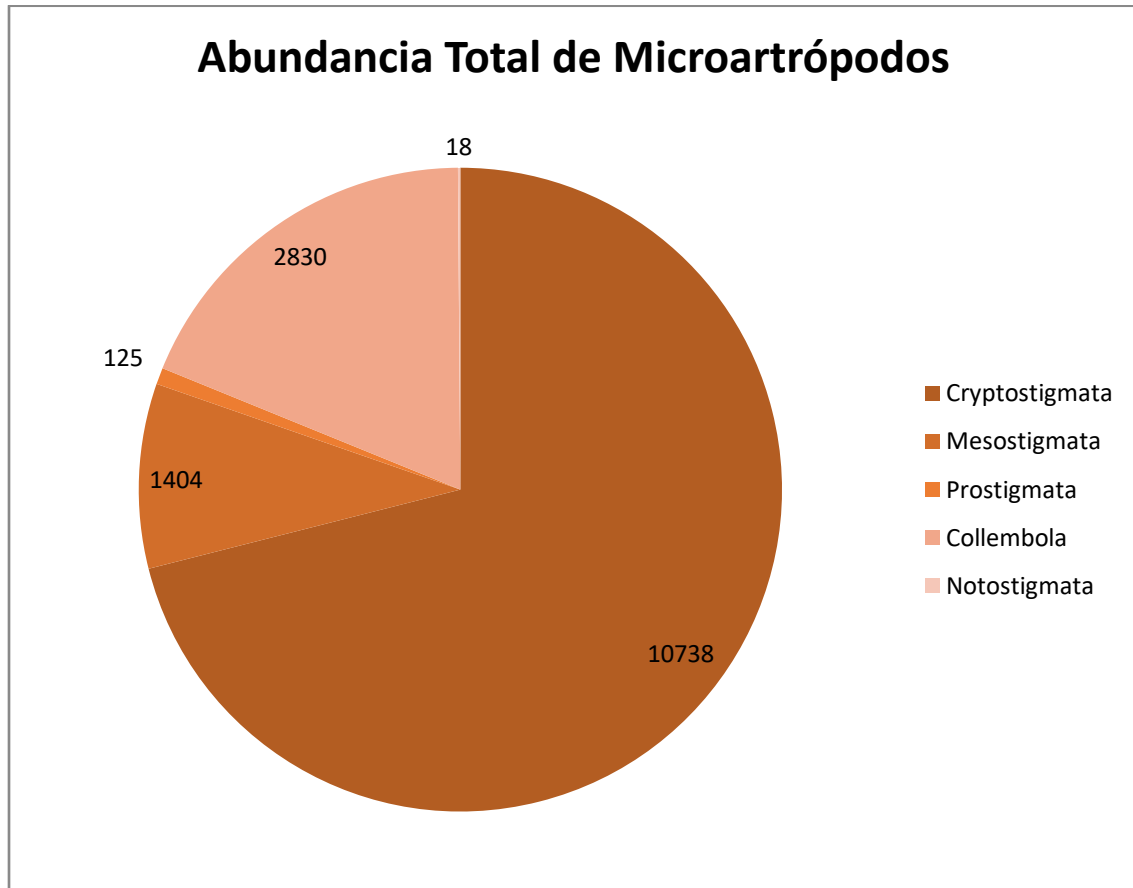
Tabla 4. Abundancia absoluta (Total) y abundancia relativa (%) de Collembola en el New River y Mopan River en función del mes y el sitio de muestreo.

Sitio I: Mopan River, Cayo Sitio II: New River, Corozal

Collembola									
Hypogastruridae	Hypogastrura	33	13	0	0	0	0	46	1.625
	Xenylla	0	0	0	1	0	0	1	0.035
Entomobridae	Gen. Des. 3	80	24	3	87	36	51	281	9.929
	Seira	0	0	6	0	0	0	6	0.212
Isotomidae	Proisotoma	0	0	0	0	26	31	57	2.014
	Isotoma	61	74	0	90	379	115	719	25.406
Sminthuridae	Bourletiella	0	0	0	0	0	2	2	0.071
	Neosminthurus	0	0	0	0	3	0	3	0.106
	Sminthurides	9	143	1	1242	155	38	1588	56.113
Neanuridae	Americanura	0	0	0	1	0	5	6	0.212
	Anura	0	0	0	0	0	1	1	0.035
	Arlesia	0	0	0	0	3	0	3	0.106
	Neanura	9	0	1	15	19	25	69	2.438
	Palmanura	9	0	1	1	0	0	11	0.389
	Pseudochorutes	0	3	0	2	0	0	5	0.177
Collophoridae	Collophora	0	1	0	0	0	0	1	0.035
Arrhopalitidae	Arrhopalites	0	1	0	0	0	0	1	0.035
Neelidae	Neelus	0	0	0	10	3	15	28	0.989
Brachystomellidae	Brachystomella	1	0	0	0	0	0	1	0.035
Dicyrtomidae	Ptenothrix	0	0	0	0	0	1	1	0.035
Riqueza		83	55	47	51	44	45	134	
Abundancia		202	259	12	1449	624	284	2830	

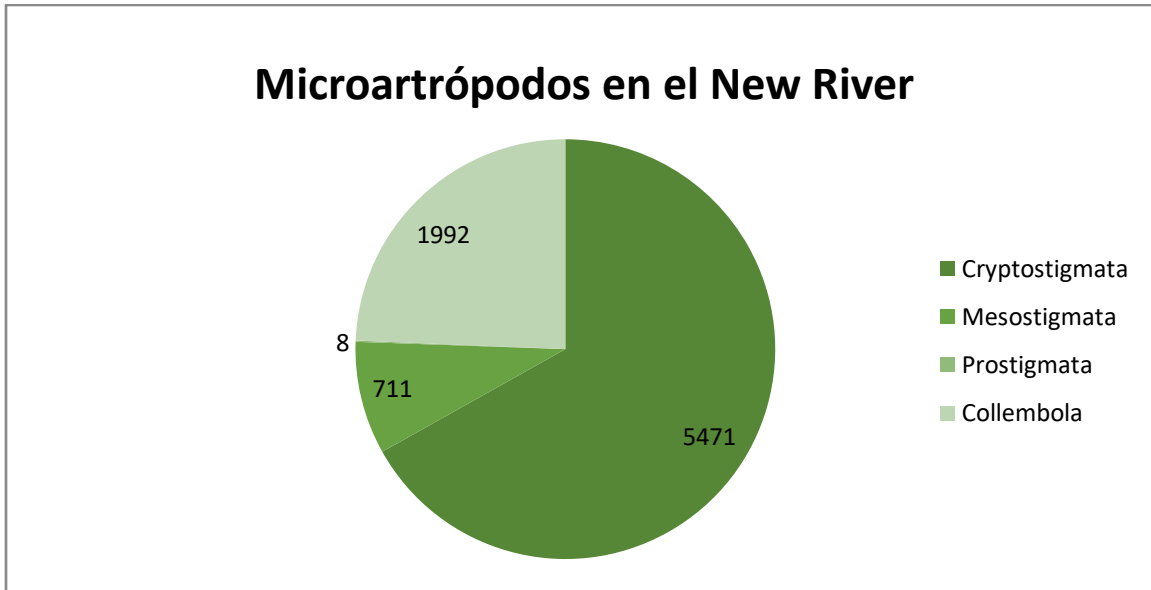
La investigación se enfocó en cinco grupos de microartrópodos: Notostigmata con 18 organismos, Cryptostigmata con 10,738, Mesostigmata con 1,404, Prostigmata con 125, Collembola con 2830. (Grafica 1.)

Grafica 1. Abundancia Total de los Diferentes Grupos de Microartrópodos Edáficos encontrados en ambos sitios de colecta

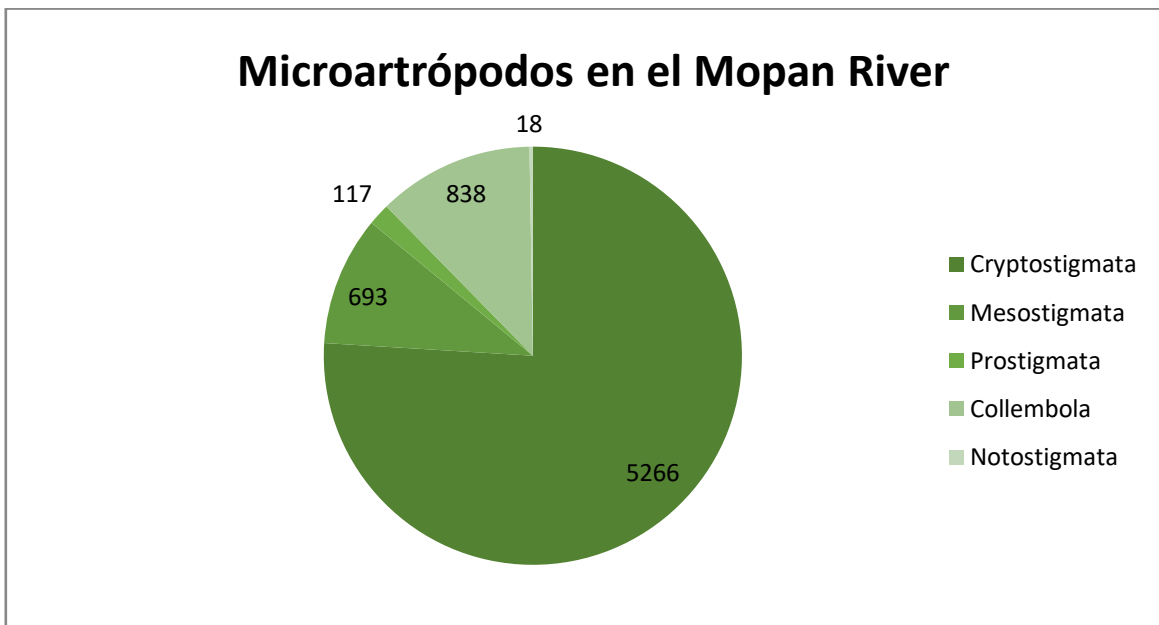


El área con la mayor abundancia de ácaros fue en el de mangle del New River con 6190 organismos de los cuales 5471 pertenecieron a los Cryptostigmata (acaros oribátidos), 711 a los Mesostigmata, 8 a los Prostigmata y 1992 al grupo de insecta Collembola (Grafica 2)

Grafica 2. Abundancia Total de Microartópodos Edáficos en el New River



Grafica 3. Abundancia Total de Microartópodos Edáficos en el Mopan River



En el área de selva mediana inundable del Mopan River, el grupo de Cryptostigmata obtuvo el mayor número de organismos con 5266, seguido por 693 organismos Mesostigmata, 117 Prostigmata y por último el grupo de Notostigmata con 18 organismos. Es importante notar que el grupo Notostigmata se presentó únicamente en este segundo sitio de estudio. Para el grupo de insecta Collembola se encontraron 838 organismos (Gráfica 3).

En la primera colecta realizada en el mes de marzo se obtuvieron notablemente la mayor cantidad de organismos que fueron 6,834 individuos en total. Los dos meses posteriores presentaron una cantidad de organismos muy semejante, sin embargo, en el mes de mayo se contabilizó un total de 4,173, es decir 65 individuos más que en el mes de julio. (Gráfica 4)

Gráfica 4. Abundancia total de organismos hallados en función de los tres meses de colecta

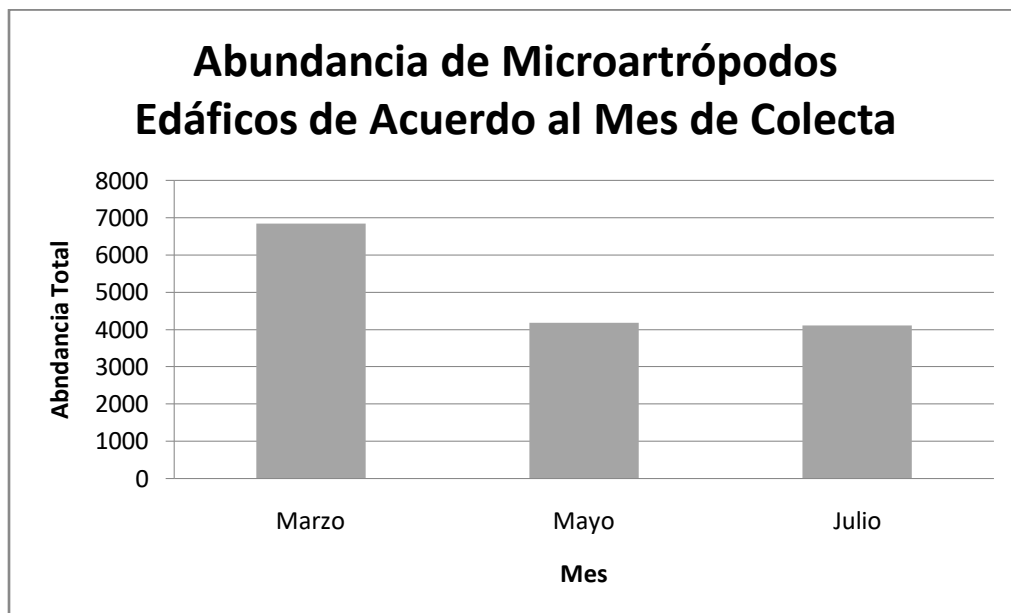


Tabla 5. Géneros encontrados en ambos sitios de estudio

Géneros Compartidos					
Género	I	II	Género	I	II
Cryptostigmata			Mesostigmata		
Notophthiracarus	X	X	Uropoda	x	x
Phthiracarus	X	X	Phymatodiscus	x	x
Brasilotritia	X	X	Urodiaspis	x	x
Eohypochthonius	X	X	Urobovella	x	x
Malacoangelia	X	X	Discourella	x	x
Sphaerochthonius	X	X	Dynichus	x	x
Cosmochthonius	X	X	Veigaia	x	x
Lohmannia	X	X	Hololaelaps	x	x
Nothrus	X	X	Gen. Des. 1	x	x
Allonothrus	X	X	Podocinum	x	x
Archegozetes	X	X	Macrochelles	x	x
Trimalaconothrus	X	X			
Cyrthermannia	X	X	Prostigmata		
Sacculobates	X	X	Smaris	x	x
Liodes	X	X	Gen. Des. 2	x	x
Teleioliodes	X	X	Lordalycus	x	x
Damaeus	X	X			
Microtegeus	X	X	Collembola		
Microzetes	X	X	Hypogatrura	x	X
Eremulus	X	X	Gen. Des. 3	x	X
Eremobelba	X	X	Proisotoma	x	X
Tegeocranellus	X	X	Isotoma	x	X
Carabodes	X	X	Sminthurides	x	X
Spathulocepheus	X	X	Neanura	x	X
Zetorchestes	X	X	Palmanura	x	X
Xenillus	X	X	Neelus	x	X
Astegistes	X	X			
Oribatella	X	X			
Oppia	X	X			
Conchogneta	X	X			
Scapheremaeus	X	X			
Perxylobates	X	X			
Trixylobates	X	X			
Xylobates	X	X			
Liebstadia	X	X			
Rostrozetes	X	X			
Scheloribates	X	X			
Galumna	X	X			

Tabla 6. Géneros Exclusivos de cada sitio Sitio I: 45 géneros Sitio II: 29 géneros

Géneros No Compartidos					
Género	I	II	Género	I	II
Notostigmata			Pergalumna	X	
Caribeacarus	X		Mesostigmata		
Cryptostigmata			Deraiophorus	X	
Acaronychus		X	Trachyuropoda		X
Hoplophorella		X	Trichouropodella		X
Steganacarus	X		Uroseius		X
Sph. Nuevo Género 1	X		Trichocylliba		X
Sph. Nuevo Género 2	X		Oplitis		X
Cryptoplophora	X		Polyaspis		X
Brachychthonius	X		Uroactinia	X	
Pterochthonius		x	Epicroseius		X
Mixacarus		X	Asca	X	
Torpacarus	X		Diplogynius	X	
Afronothrus	X		Prostigmata		
Pseudonothrus	X		Cunaxa	X	
Fossonothrus		X	Scutacarus	X	
Malaconothrus	X		Nanorchestes	X	
Baloghacarus	X		Speleorchestes	X	
Plasmobates	X		Arrenurus		x
Solenozetes	X		Eupodes	X	
Plateremaeus	X		Linopodes	X	
Pheroliodes	X		Bdella	X	
ca. Novazelandiella		X	Spinibdella	X	
Reticulocephus	X		Bimichaelia	X	
Cristeremaeus		x	Stigmaeus	X	
Anderemaeus	X		Labidostoma	X	
Charassobates		x	Collembola		
Eremaeozetes		X	Xenylla		x
Cubabodes	X		Seira	X	
Hydrozetes		X	Bourletiella		x
Aquanothrus		x	Neosminthurus	X	
Passalozetes		X	Americanura		x
Podoribates	X		Anura		x
Brasilobates	X		Arlesia	X	
Dometrina	X		Pseudochorutes		x
Nasobates	X		Collophora		x
Ceratozetes		x	Arrhopalites		x
Oribatella	X		Brachystomella	X	
Neopilizetes	X		Ptenothrix		x
Paragalumna	X				

60 de los 134 géneros encontrados son compartidos por ambos sitios y un total de 74 géneros se encuentran o en el sitio I o en el sitio II, pero no en ambos. Con las tablas de comparación de presencia/ausencia de géneros en ambos sitios, se encontró que 29 géneros pertenecen exclusivamente al sitio I y 45 géneros pertenecen exclusivamente al sitio II. (Tabla 5 y 6)

6.2. Índices de Diversidad, Equidad, Dominancia y Riqueza Específica

El sitio con el índice de diversidad más alto fue el Mopan River (Sitio I) ($H' = 3.384$).

Tabla 7. Índices de diversidad (H'), Equidad (J'), Dominancia (λ), Riqueza Específica (Margalef) de Microartrópodos edáficos en Mopan River (Sitio I) y New River (Sitio II).

Índices	Sitios	
	I	II
Taxa_S	105	89
Individuals	6932	8182
Simpson_1-D	0.9468	0.9354
Shannon_H	3.384	3.234
Margalef	11.76	9.767
Equitability_J	0.7271	0.7205

En el Sitio I se registro la mayor diversidad durante los primeros dos meses de colecta (marzo: $H' = 3.053$, mayo: $H' = 2.808$) mientras que en el mes de julio el Sitio II obtuvo una mayor diversidad debido a la inundación causada por el huracán en el Sitio I.

Tabla 8. Índices de diversidad (H'), Dominancia (λ), Equidad (J'), Riqueza Especifica (Margalef) de Microartrópodos edáficos de acuerdo a los tres meses y sitios de colecta.

Indices	Marzo		Mayo		Julio	
	I	II	I	II	I	II
Taxa_S	83	55	47	51	44	45
Individuals	4565	2269	1294	2879	1074	3034
Simpson_1-D	0.9214	0.8953	0.9116	0.7912	0.839	0.9303
Shannon_H	3.053	2.729	2.808	2.425	2.563	3.051
Margalef	9.732	6.988	6.42	6.277	6.161	5.488
Equitability_J	0.691	0.6809	0.7293	0.6167	0.6773	0.8016

6.2.1. Índice de Equidad de Pielou

En el mes de Julio, para el sitio II se registró la mayor equitatividad entre los diferentes géneros. Por otro lado el mes de mayo registró la menor equitatividad. En el mes de marzo la equitatividad entre ambos sitios fue similiar en comparación con los meses de mayo y julio donde hubo una mayor diferencia entre ambos lugares. De acuerdo a la prueba T – student, no hubo una diferencia significativa entre los índices de diversidad entre los dos sitios de estudio.

6.3. Índice de Similitud de Jaccard

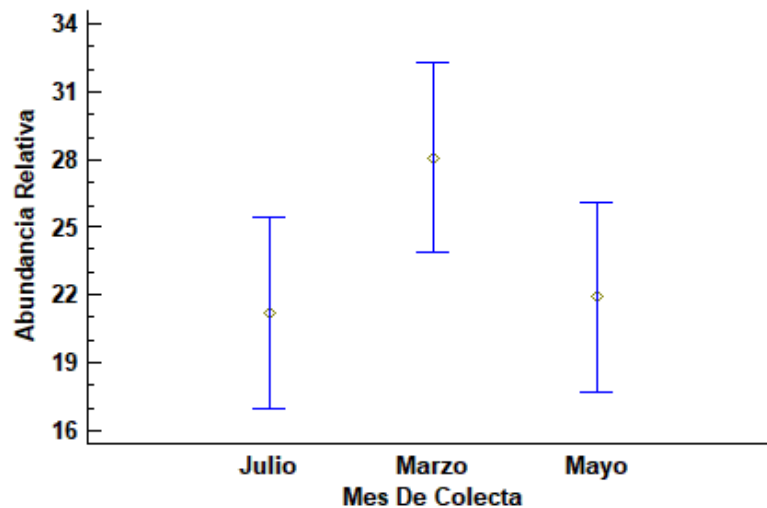
Tabla 9. Índices de Similitud de Jaccard entre los tres meses de colecta.

Mes	Marzo	Mayo	Julio
Marzo		0.37795	0.36885
Mayo			0.52381

El índice de similitud de Jaccard entre ambos sitios de estudio obtuvo un valor de 44.8%. Cuando la comparación se hizo entre los meses de colecta, la mayor similitud entre los géneros encontrados estuvo entre los meses de mayo y julio con un valor de 52.3%.

6.4. Análisis de Varianza (ANOVA de una vía)

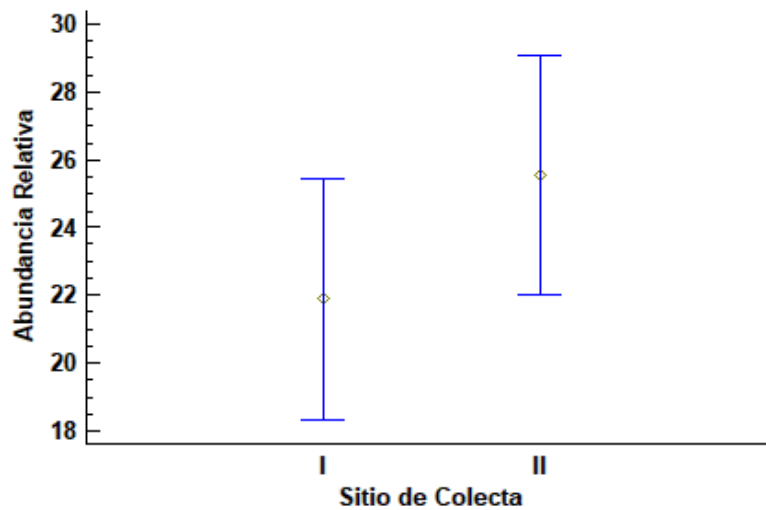
Gráfica 5. Análisis de Varianza (ANOVA) entre la abundancia relativa de microartrópodos y la fecha de colecta



Gráfica. Análisis de Varianza (ANOVA de una vía) de la abundancia relativa de los microartrópodos edáficos colectados entre los meses de marzo, mayo y julio.

El análisis de varianza (ANOVA de una vía) demostró que no existe una diferencia significativa entre la fecha de colecta $F_{(1.71984)} = 0.2034$, $p > 0.05$ y la abundancia relativa de los microartrópodos edáficos con un nivel de confianza de 95%. Sin embargo, la abundancia de los microartrópodos edáficos fue más alta durante el mes de marzo en comparación con los otros dos meses de colecta los cuales registraron una abundancia similar.

Gráfica 6. Análisis de Varianza (ANOVA) de la abundancia relativa de los microartrópodos edáficos colectados en el Mopan River (Sitio I) y New River (Sitio II).



A pesar de que se encontró una diferencia entre la abundancia de microartrópodos edáficos entre los sitios de colecta, la diferencia no fue significativa de acuerdo al análisis de varianza (ANOVA de una vía) $F_{(1.14401)} = 0.2964$, $p > 0.05$ con un nivel de confianza de 95%.

7. DISCUSIÓN

Los ácaros oribátidos, suborden Oribatida o Cryptostigmatica, constituyen uno de los grupos de microartrópodos edáficos numéricamente predominante en el horizonte orgánico de la mayoría de los suelos, donde sus densidades pueden alcanzar varios cientos de miles de individuos por metro cuadrado. Se han descrito alrededor de 7000 especies, representando cerca de 1000 géneros que se atribuyen a más de 150 familias (Balogh & Balogh, 1992).

La importancia ecológica de los microartrópodos edáficos es muy alta debido a que contribuyen activamente a la descomposición de los residuos vegetales utilizándolos como alimento, estimulando la actividad bacteriana y fúngica, acelerando los procesos de mineralización y humificación lo que incrementa la fertilidad del suelo; además, intervienen en la fijación de calcio y del nitrógeno. Son, por lo tanto, excelentes indicadores del estado de equilibrio del suelo. (Andres y Perez, 2004)

Las investigaciones taxonómicas, faunísticas y ecológicas de ácaros edáficos en suelos tropicales, principalmente en la región neotropical, son muy escasas de acuerdo a Schatz, (1997). A partir de los 60s el número de descripciones de nuevas especies ha ido en aumento de la mano de investigadores como L. Beck, M. Hammer, J. Balogh y S. Mahunka. Por otra parte, oribatólogos latinoamericanos de Chile, Argentina, Brasil, México y Cuba comenzaron a publicar a partir del año 1967 hasta la actualidad.

Gráfica 7. Número de especies determinadas de Oribatida (Acari) de la región norte neotropical (Andres & Perez, 2004)



Si bien en México, como en los países centroamericanos, las investigaciones sobre la fauna edáfica son muy pocas, aquellos relacionados al país de Belice son aún más escasos. La inversión gubernamental en el ámbito científico es casi nula, dificultando así el progreso de la ciencia y las ramas que parten de ella. En Belice existen solamente unos cuantos estudios sobre los microartrópodos edáficos, tales como Vázquez (2006), Vázquez & Klompen (2007), Vázquez et al. (2007), Vázquez *et al.* (2011), Palacios – Vargas *et al.* (2017), Vázquez *et al.* (2018)

En el presente estudio se analizó la riqueza y diversidad de microartrópodos edáficos en dos ecosistemas riparios muy importantes en el país de Belice. Ambos ríos se encuentran cercanos a una de las dos fronteras del país.

7.1. Índices de diversidad

El área de estudio del Mopan River, en el distrito de Cayo, presentó una diversidad alta de acuerdo al índice de Shannon-Wiener ($H' = 3.384$) mientras que en el área del New River se obtuvo un índice ligeramente más bajo con un valor de $H' = 3.234$. Estos índices de diversidad son relativamente altos si los comparamos al índice de diversidad obtenido por Vázquez *et al.* en una selva mediana con un valor de $H' = 3.84$ con la misma cantidad de muestreos. Sin embargo, si tomamos en cuenta el total de organismos encontrados en los cuatro distintos ecosistemas abarcados en el estudio de Cozumel y lo comparamos con el total de organismos obtenidos en ambos sitios de estudio en Belice, se puede notar una gran diferencia en la abundancia total de micrartrópodos. En Cozumel, con 48 muestras de hojarasca y tierra se obtuvieron 39, 868 organismos mientras que en Belice se colectaron 15, 114 individuos solamente en hojarasca; casi la mitad de lo que se obtuvo en Cozumel y tomando en cuenta que el huracán afectó negativamente la cantidad de organismos colectados durante el último mes de colecta en Belice. En cuanto a los colémbolos, en un estudio realizado en la Estación de Biología Chamela perteneciente al Instituto de Biología de la UNAM, se encontraron 42 géneros de colémbolos en 11 muestreos y más de 200 muestras de suelo y hojarasca mientras que en Belice en tan solo 24 muestras de 3 muestreos de hojarasca se encontraron 20 géneros de colémbolos. Esto indica que los sitios de estudio en Belice poseen una riqueza específica muy alta y además existe una alta probabilidad de encontrar más géneros de colémbolos si los muestreos se realizaran de manera sistemática y en un periodo de tiempo más largo.

De acuerdo a la prueba T – student, de los índices obtenidos para ambos sitios de estudio no existe una diferencia significativa entre los valores; esto como resultado de la poca cantidad de muestras colectadas y revisadas, lo cual no permitió una comparación precisa. Con estos valores se puede observar que en ambos sitios de estudio se obtuvieron índices de diversidad alta a comparación con otros estudios llevados a cabo en áreas similares a estos.

7.2. Riqueza Específica y Abundancia

Dadas las altas densidades poblacionales, riqueza específica y su sensibilidad a las condiciones del suelo, los ácaros actúan como eficaces bioindicadores para el monitoreo del impacto del manejo de distintas prácticas ejercidas sobre la biodiversidad del suelo (Behan – Pelletier, 1999).

Los resultados obtenidos en ambos sitios de estudio indican que el sitio número uno en Benque Viejo del Carmen posee una riqueza específica más alta que el sitio número dos en Corozal, pero por otra parte, el sitio número dos obtuvo una mayor abundancia de organismos que el sitio uno. En el Mopan River se obtuvo un total de 44 géneros, los cuales solo se encontraron en este sitio, 15 géneros más que en el New River, en el cual solo se obtuvieron 29 géneros exclusivos. Esto puede deberse a la variación del tipo de vegetación entre los sitios de colecta. Badejo & Tian (1999) y Badejo *et al.* (2002) determinaron que la riqueza de especies de la fauna edáfica se relaciona con el tipo de vegetación, notando que mientras más variación hay entre las especies de plantas, la biodiversidad del suelo aumenta. La selva mediana inundable a lo largo del Mopan River cuenta con muchas más especies de árboles que el manglar en el New River, donde las condiciones húmicas son prácticamente homogéneas como resultado de las pocas especies de mangle. Las diferentes especies de árboles favorecen el desarrollo de microhábitats y por consiguiente aumenta la diversidad faunística del suelo.

En el último mes de colecta en el sitio uno, solo una pequeña cantidad de microartrópodos fue registrada. Aunque esto se pudo deber a la inundación causada por el huracán, existe la posibilidad de que la disminución de la abundancia de la fauna edáfica también haya resultado de la conversión del ecosistema natural a un ecosistema agrícola. La intensificación agrícola ocasionada por la conversión de un ecosistema natural a un ecosistema agrícola conduce a la pérdida de los niveles de carbono en el suelo, lo cual eventualmente causa la pérdida de la biodiversidad del suelo (Hairiah *et al.*, 2001). Otros autores como Minor & Cianciolo (2007) concuerdan con Hairiah; mencionan que los ácaros en vida libre son muy abundantes en el suelo y la alteración de las condiciones edáficas a través de prácticas agrícolas llevan a la reducción de la abundancia y diversidad de estos organismos.

7.3. Variación Espacio/Temporal, Equitatividad y Dominancia

La abundancia de los ácaros del suelo se relaciona con el cambio de las estaciones según Badejo *et al.* (2002) quien llevó a cabo un trabajo en Brasil y demostró que la abundancia de los ácaros es mayor cuando hay una temperatura baja y mucha lluvia en comparación a la estación de secas cuando las temperaturas son más elevadas y con menos humedad. En el mes de mayo se observó una disminución en la población de la fauna edáfica que probablemente se debió al calor del suelo, tal como lo indica Butcher *et al.* (1971) quien menciona que las altas temperaturas del suelo reducen o previenen la puesta de huevos de los ácaros y también causan mortalidad del esperma. El análisis de varianza (ANOVA) demostró que el mes durante el cual hubo el mayor número de organismos fue marzo, a pesar de que era la temporada de secas, pero con una diferencia estadística no significativa entre los tres muestreos. Es decir, esto va en contra de lo que Badejo indica en sus estudios de estación-abundancia pero cabe recordar que si bien hubo una abundancia alta en marzo y disminuyó en mayo conforme progresaba el verano como era de esperarse, no hay un incremento en julio, puesto que el huracán Earl azotó con fuerza el distrito de Cayo donde se encuentra el primer sitio de colecta. Podemos inferir que este resultado se efectúa dadas las inundaciones que se manifestaron posteriores al huracán. El segundo sitio de estudio en el distrito de Corozal no fue afectado directamente por Earl, no obstante, la gran cantidad de lluvias también ocasionó una inundación mucho mayor a las que normalmente ocurren en la temporada de lluvias, dejando sumergidos completamente bajo agua los dos puntos de muestreo. Cuando esto sucede, los artrópodos del suelo son rápidamente expuestos a condiciones anóxicas, según Adis & Messner (1991). En un experimento de laboratorio llevado a cabo por Adis (1986), un milpiés sobrevivió sumergido bajo agua por un año, pero murió después de 48 horas cuando fue sumergido bajo aguas anóxicas. Franklin *et al.* (1997) menciona que la máxima resistencia a la sumersión de *Rostrozetes ovulum* se observa en aguas con un 67% de saturación de oxígeno, relativa a las condiciones naturales en las que se encuentran estos organismos. Por otra parte, Messner (1992) notó que *R. ovulum* tuvo una reacción negativa cuando fue expuesta a aguas con bajos niveles de oxígeno. Esto le llevó a concluir que las poblaciones de *R. ovulum* podrían tener aún menos posibilidad de supervivencia en ambientes naturales

con inundación. Probablemente, lo mismo aplique para las especies de ácaros en ambos sitios de estudio.

De los dos sitios de estudio, los índices de equitatividad y de dominancia fueron mayor en el Mopan River con valores de $J' = 0.7271$ y $\lambda = 0.9468$ respectivamente. En el New River se obtuvieron índices de equitatividad y dominancia de $J' = 0.7205$ y $\lambda = 0.9354$ respectivamente. Los altos índices de Dominancia fueron resultado de la presencia de los ácaros edáficos comunmente encontradas en ecosistemas tropicales. Muchos de estos ácaros también fueron hallados en lugares como Cozumel, Quintana Roo, México (Vázquez *et al.*, 2015) y Puerto Morelos, Quintana Roo, México (Vázquez *et al.*, 2017?). Estos organismos abundantes incluyen los géneros *Lohmannia*, *Allonothrus*, *Malaconothrus*, *Trimalaconothrus*, *Oppia*, *Xylobates*, *Liodes*, *Damaeus*, *Rostrozetes* y *Uropoda*.

8. CONCLUSIONES

1. La mayor riqueza de especies, así como el índice más alto de biodiversidad, se presentó en el área de Mopan River.
2. La mayor abundancia de organismos se encontró en los suelos de New River.
3. El orden Opilioacariformes se encontró únicamente en el área de Mopan River.
4. Este estudio contribuye en su totalidad al conocimiento de la biodiversidad de la fauna edáfica en el país de Belice al ser uno de los primeros estudios realizados a esta escala y nivel de detalle.
5. Todas las especies encontradas constituyen nuevos registros para Belice.
6. Una nueva especie de Collembola (Palmanura) como resultado de este estudio ha sido descrito, mientras que una nueva especie de Mesostigmata (Dinychus) está en proceso de descripción.
7. Los altos índices de diversidad determinaron el buen estado de equilibrio de los suelos estudiados, lo cual supone una responsabilidad social de seguir manteniendo estos ecosistemas saludables para que éstas logren mantener las poblaciones de los organismos ahí presentes.

9. BIBLIOGRAFÍA

Adis J. 1986. An "aquatic" millipede from a Central Amazonian inundation forest. *Oecologia* 68:347–349.

Adis J, Messner B. 1991. Langzeit-U² berflutungsresistenz als U² berlebensstrategie bei terrestrischen Arthropoden.—Beispiele aus zentralamazonischen U² berschwemmungsgebieten. *Deut Entomol Z* 38:211–223

Andrés & Pérez. 2004. Estudio de los ácaros edáficos de un agroecosistema (cafetal) en la Estación Biológica Don Francisco Chaves en Santa Maura, Jinotega, pp. 1-12

Badejo M.A., Tian G. 1999. Abundance of soil mites under four agroforestry tree species with contrasting litter quality. *Biol. Fert. Soils*, 30:107–112.

Badejo, M. A., Espindola, J. A. A., Guerra, J. G. M., Aquino A. M. D. & Correa, M. E. F., 2002. Soil oribatid mites communities under three species of legumes in an ultisol in Brazil. *Experimental and Applied Acarology*. 22. 283 – 296.

Baev, P. V. Y L. D. Penev. 1995. *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. Versión 5.1. Pensoft, Sofia, Moscow, pp. 57

Balboni, B. S., Palacio, J. O. (Eds.). 2007, *Taking stock: Belize at 25 years of Independence (Vol.1)*. Belize: Cubola Books

Balogh, J., Balogh, P. 1988. *Oribatid Mites of the Neotropical Region I*. Akadémiai kiadó, Budapest.

Balogh, J., Balogh, P. 1990. *Oribatid Mites of the Neotropical Region II*. Akadémiai kiadó, Budapest.

Balogh, J., Balogh, P. 1992. *The Oribatid Mites Genera of the World Volume I*. Hungarian Natural History Museum, Budapest.

Balogh, J., Balogh, P. 1992. *The Oribatid Mites Genera of the World Volume II*. Hungarian Natural History Museum. Budapest.

- Behan-Pelletier, V.M., 1999. *Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication*. Agriculture Ecosystems and Environment. 74. 411 -423.
- Belize Enterprise for Sustainable Technology (BEST). 2008. *National Integrated Water Resources Management Policy (including Climate Change) for Belize*. Belmopan, Belize.
- Boles, Ed. 1999. *The Sibun River Watershed Atlas. Sibun Watershed Association and the Government Printer*, Belmopan, Belize.
- Boles, E. y Karper, J. 2003. *Human Impact Mapping of the Mopan and Chiquibul Rivers within Guatemala and Belize*. Technical Report.
- Bullard, William R., Jr. 1963. *A Unique Maya Shrine Site on the Mountain Pine Ridge of British Honduras*. American Antiquity 29 (1):98-99.
- Butcher, J. W., Snider, R. & Snider, J. R., 1971. *Bioecology of edaphic Collembola and Acarina*. Annual Review of Entomology. 16. 249 – 288.
- Coineau, Y. 1974. *Introduction l'Etude des Microathropodes du Sol et de ses Annexes*. Documents Ecol. Dqin, éds. 118 pp.
- CONABIO, s. f. Corredor Biológico Mesoamericano. <http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/corredorbiomeso.html>. Consultado el 15 de mayo de 2017.
- Emmel, Thomas. 1975. *Ecología y biología de las poblaciones* / T.C. Emmel; tr. por Carlos Gerhard Ottenwaelder.
- Espino, G. 2000. *Criterios generales para la elección de bioindicadores*. In: G Lanza Espino, S. Hernández Pulido and J. L. Carbajal Pérez (eds). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación. (bioindicadores)*. México, pp. 17 – 42
- Fahrig, L. 2003. *Effects of habitat fragmentation on biodiversity*. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 34: 487–515.
- Fedick, Scott L. 1989. *The Economics of Agricultural Land Use and Settlement in the Upper Belize Valley*. En *Prehistoric Maya Economics of Belize* (editado por P. McAnany y

B. Isaac), pp.215-253. *Research in Economic Anthropology*, Supplement 2, JAI Press, Greenwich.

Franklin E, Adis J, Woas S. 1997. The oribatid mites. In: Junk WJ (ed) *The Central Amazon floodplain. Ecology of a pulsing system*. Springer, Berlin, pp 331–349

Gomez-Pompa, A., M. F. Allen, S. L. Fedick, and J. Jiménez Osorio, 2003. *The lowland Maya area: three millennia at the human–wildland interface*. Haworth Press, Binghamton, New York, USA

Graham, Elizabeth A. 1987a. Resource Diversity in Belize and Its Implications for Models of Lowland Trade. *American Antiquity* 52 (4):753-767.

Grandjean, F. 1949. Observation et conservation des très petits archthropodes. *Bull Mus. nat. Hist. natur. Paris* (2) 21:363-370.

Grandjean, F. 1953[1954]. Essai de classification des Oribates (Acariens). *Bull. Soc. zool. France* 78:421- 446.

Gray, D. & Leslie, R. 2008. *Atlas of Belize*. Cubola Productions, Benque Viejo del Carmen, Belize.

Hairiah, K., Williams, S.E., Bignell, D., Swift, M. & Noordwijk, M., 2001. *Effects of land use change on belowground biodiversity*. Bogor. International centre for Research in Agroforestrv 32pp

Jenkin, R., R. Rose Innes, J. Dunsmore, S. Walker, C. Birchall y J. Briggs 1976 *The Agricultural Development Potential of the Belize Valley*. Land Resources Study 24, Land Resources Division, Ministry of Overseas Development, Surbiton.

Karper, J. & Boles, E. 2004. *Human Impact Mapping of the Mopan and Chiquibul Rivers within Guatemala and Belize With Comments on Riparian Forest Ecology, Conservation and Restoration*.

Krantz, G. W. 1978. *A Manual of Acarology*. Oregon State University Book Stores, Inc. United States of America. 509 p.

- Lande, R. 1996. *Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities*. *Oikos*, 76: 5-13.
- Laporte, J. P. 1992. *Patrón de Asentamiento y Población Prehispánica en el Noroeste de las Montañas Mayas, Petén*. En *V Simposio de Arqueología Guatemalteca, 1991* (editado por J. Laporte, H. Escobedo y S. Brady): 249-260. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- Laporte, J. P., Mejía, H. E. 2001. *Los sitios arqueológicos de la cuenca del río Salsipuedes en el sureste de Petén, Guatemala*. *Mexicon* 23: 65 – 72.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp
- Meerman J.C. 2005. *BPAPSP – Protected Areas System Assessment & Analysis: National List of Critical Species*.
- Meerman, J.C., & Wilson, R. 2005. *The Belize National Protected Areas System Plan*.
- Messner B, Adis J, Franklin E. 1992. *Eine vergleichende Untersuchung über die Plastronstrukturen bei Milben*. *Deut Entomol Z* 38:159–176.
- Minor, M .A. & Cianciolo, J.M. 2007. Diversity of soil mites (Acari Oribatida. mesostigmata) along a gradient of land use types in New York. *Applied Soil Ecology*. 35. 140-153.
- Murphy, P. W. 1962. *Simple preparation for funnel extraction and routine methods for handling the catch*. In *progress in Soil Zoology*. P. W. Murchy, ed. Butterworth, London: 189-198.
- Murray, M.R., Zisman, S.A., Furley, P.A., Munro, D.M., Gibson, J., Ratter, J., Bridgewater, S., Minty, C.D., Place, C.J.. 2002. *The mangroves of Belize Part 1. distribution, composition and classification*. ELSEVIER, (Consultado en: *Forest Ecology and Management* 174 (2003) 265 – 279)
- Ower, L.H. (1928). *Geology of British Honduras*. *Geographical Journal*, 36, 494-509.

- Palacios – Vargas, J., Mejia-Recamier, B., Vázquez, M. M. 2017. Two *New Species of Americanura (Collembola: Neanuridae) from Belize*, Central America, pp 310-315
- Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285-307
- Peterjohn, W. T. & Correll, D. L. 1984. *Nutrient dynamics in an agricultural watershed: observations on the role of a riparian forest*. *Ecology* 65:1466-1475.
- Pinay G. & Decamps H. 1988. *The role of riparian woods in regulating nitrogen fluxes between the alluvial aquifer and surface water: a conceptual model*. *Regulated Rivers* 2:507-516.
- Programme for Belize (PFB). 2003. *Proceedings of the First Belize Freshwater Summit*. Belize City, Belize.
- Schatz, H. 1997. Oribatid mites (Acari, Oribatida) from the northern neotropical region: *A survey of research, past and present*. *Abh. Ber. Naturkundemus*, 69(6): 69-78.
- Sengbusch, H. G. 1954. *A modified Tullgreen funnel for the collection of small invertebrates (Mesobiota) in soil*. *Turttox News* 34 (11): 226-228.
- Shiple, W. E. & Graham, E. 1987. *Petrographic Analysis and Preliminary Source Identification of Selected Stone Artifacts from the Maya Sites of Seibal and Uaxactun, Guatemala*. *Journal of Archaeological Science* 14:367-383.
- Smith, J. R. 1998, *Geology and Carbonate Hydrogeochemistry of the Lower Mopan and Macal River Valleys*. Tesis de Maestría. Department of Geology. University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Socarrás, A. 2013. *Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. Estación experimental de pastos y forrajes, Indio Hatuey, Matanzas Cuba*. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. *Pastos y Forrajes*, vol. 36. No. 1. Enero – marzo. pp. 5 – 13. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269127587001.pdf>

Standley, P., Record, S., 1936. *Forests and Flora of British Honduras*. Field Museum of Natural History, Botanical Series 12. Chicago, USA

Tabacchi, E. 1995. *Structural variability and invasions of pioneer plants community in riparian habitats of the middle Adour River, Canada*. Canadian Journal of Botany 73:33-44.

The Statistical Institute of Belize. Key Indicators. <http://www.sib.org.bz/>. Consultado el 15 de mayo de 2017

Turner, I.M. 1996. *Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence*. Journal of Applied Ecology 33: 200-205.

Vanzie, E. 2008. *Assessment of the impact of climate change on Belize's health sector: dengue and dengue hemorrhagic fever*. Belize Second National Communications Projects (SNC). 9-11.

Vázquez, M. M., May, D., Alamilla, E. 2005. *Riqueza específica y biodiversidad de Cozumel, Quintana Roo, México*. 2016: 137-171

Vázquez, M. M. 2006. *Ácaros oribátidos de las selvas tropicales de México y Belice*. Caos Conciencia, 1: 19-23.

Vázquez, M. M., Klompen, H. 2007. *New records of Uropodina mites from México, Guatemala, Belize and Costa Rica*. Dugesiana 14(1): 27-37

Vázquez, M.M, Klompen H., Chargoy, C.I. 2007. *Comparative study of Uropodina (Acari: Mesostigmata) in tropical forests of the Yucatan Peninsula, Mexico and Belize*, pp. 43-50

Vázquez, M.M, 2011. *Ácaros* en F.B. Zuñiga (Ed.) *Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos Naturales*, Ciudad de México, México: UNAM, pp. 277-291

Vázquez, M.M, Pereira, A., Fragoso, P., Rodríguez, J. A. 2011. *Avances de Ciencia y Tecnología en Quintana Roo: Riqueza y Biodiversidad de organismos edáficos del Corredor Biológico Mesoamericano (México, Belice y Guatemala)*, México, D.F., pp. 37-70

Vázquez, M. M., May, D., Alamilla, E., Klompen, H. 2018. *A new species of Opilioacaridae (Parasitiformes: Opilioacarida) from Belize with some observations on life history and behavior*. Mexico

Walker, P. y Walker, Z. 2007. *Baseline Analysis of Biodiversity Impacts of Tourism Activity in Mountain Pine Ridge Forest Reserve and Chiquibul Forest Reserve*. Wildtracks, Belize.

Woods, R., Reid, S., Reid, A., 1988. *The Field Guide to Ambergris Caye, Belize*. San Pedro, Ambergris Caye.

Wright, A.C.S., Romney, D., Arbuckle, R., Vial, V., 1959. *Land in British Honduras*. Colonial Research Bulletin No 24. HMSO, London, UK.

Yaeger, J. 2000. *Changing Patterns of Social Organization: The Late and Terminal Classic Communities at San Lorenzo, Cayo District, Belize*. Tesis de Doctorado. Department of Anthropology. University of Pennsylvania, Philadelphia.

Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*, Segunda Edición. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, p. 605

Zar, J. H. 1996. *Biostatistical analysis*. Tercera Edición. Prentice Hall. New Jersey. p. 988

10. ANEXOS

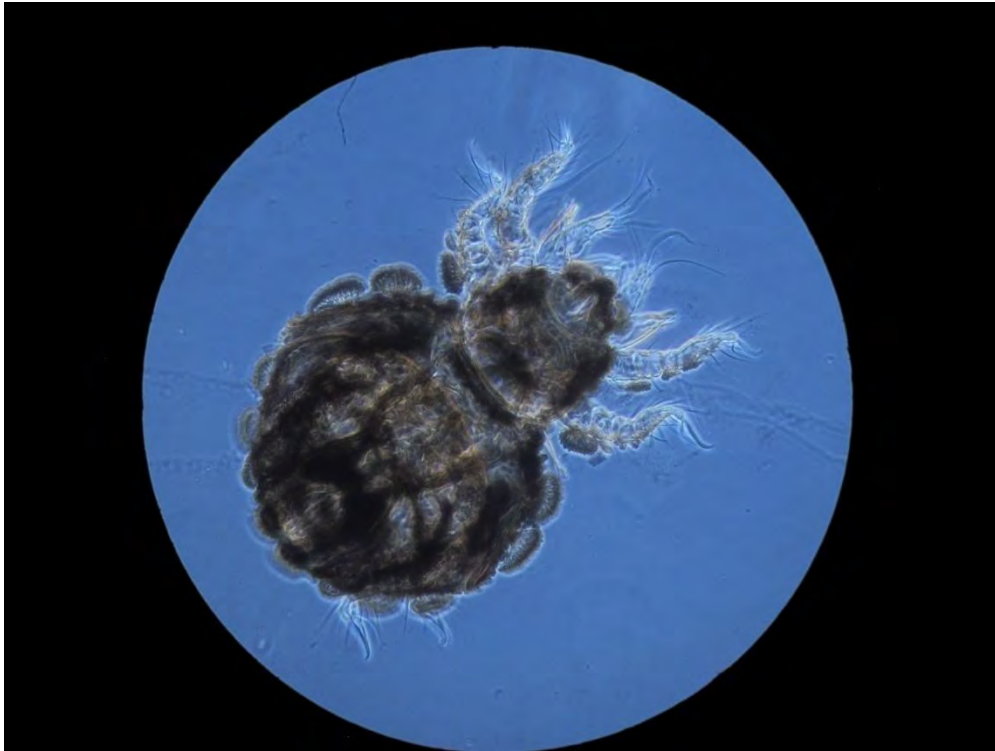
Fotografía 1. Género: Eohypochthonius



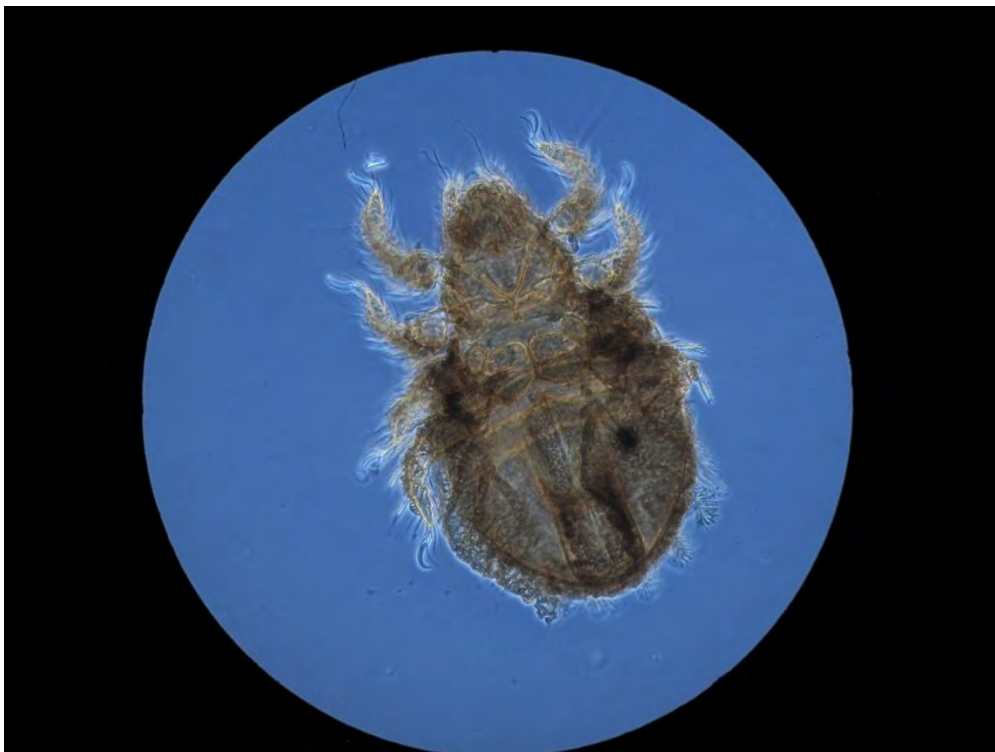
Fotografía 2. Género: Malacoangelia



Fotografía 3. Género: Sphaerochthonius



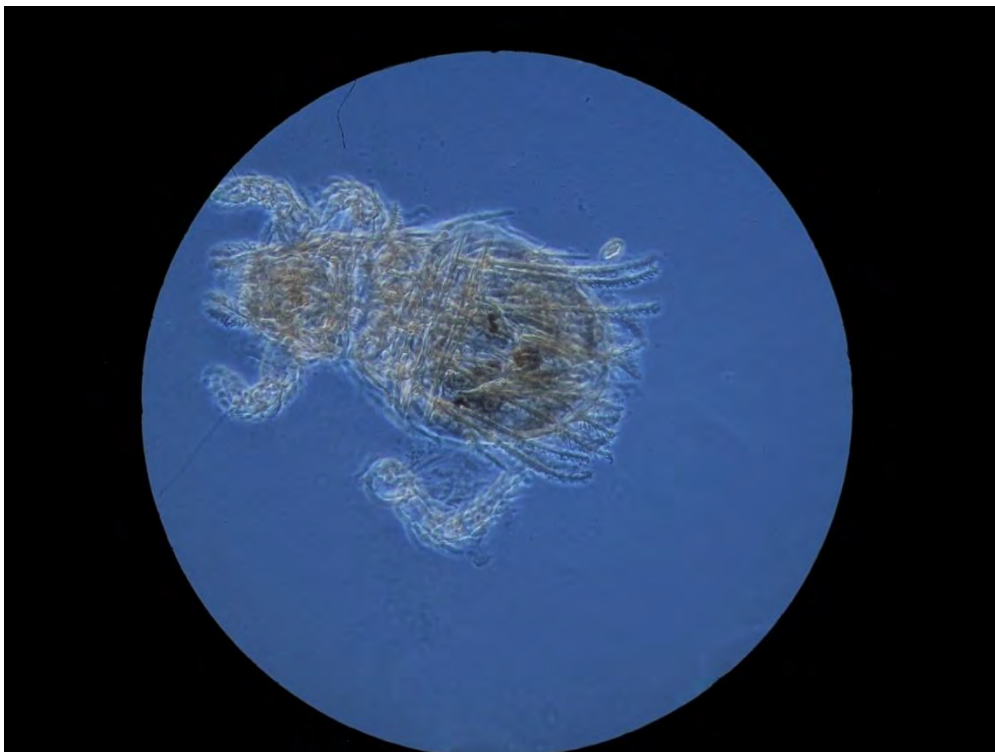
Fotografía 4. Género: Sphaerochthonius



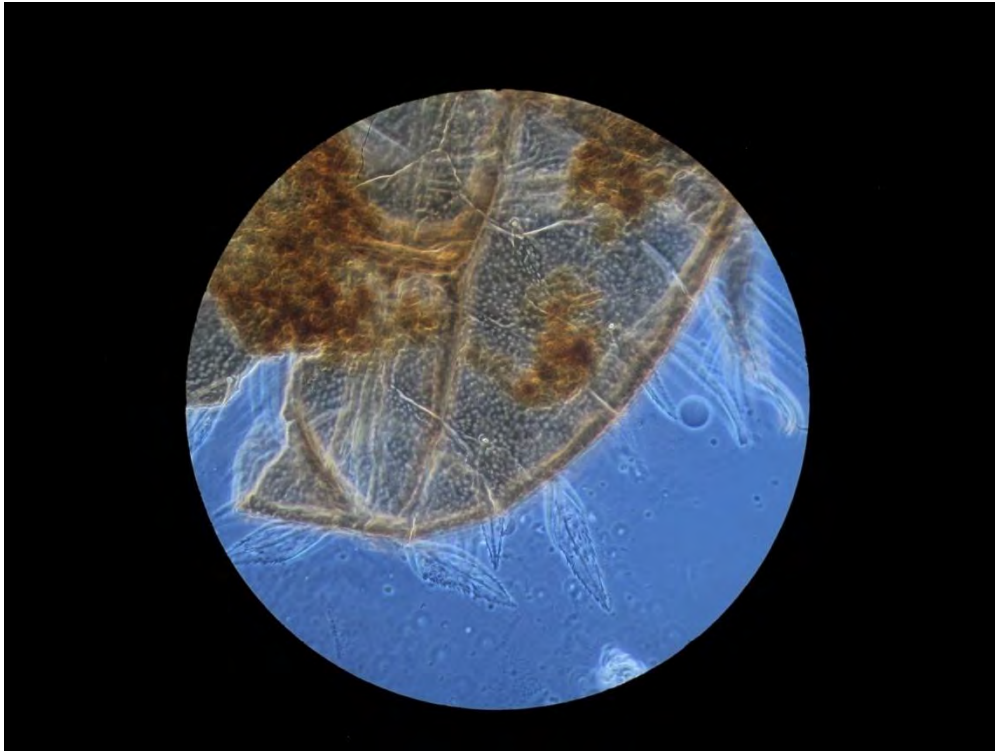
Fotografía 5. Género: *Cosmochthonius*



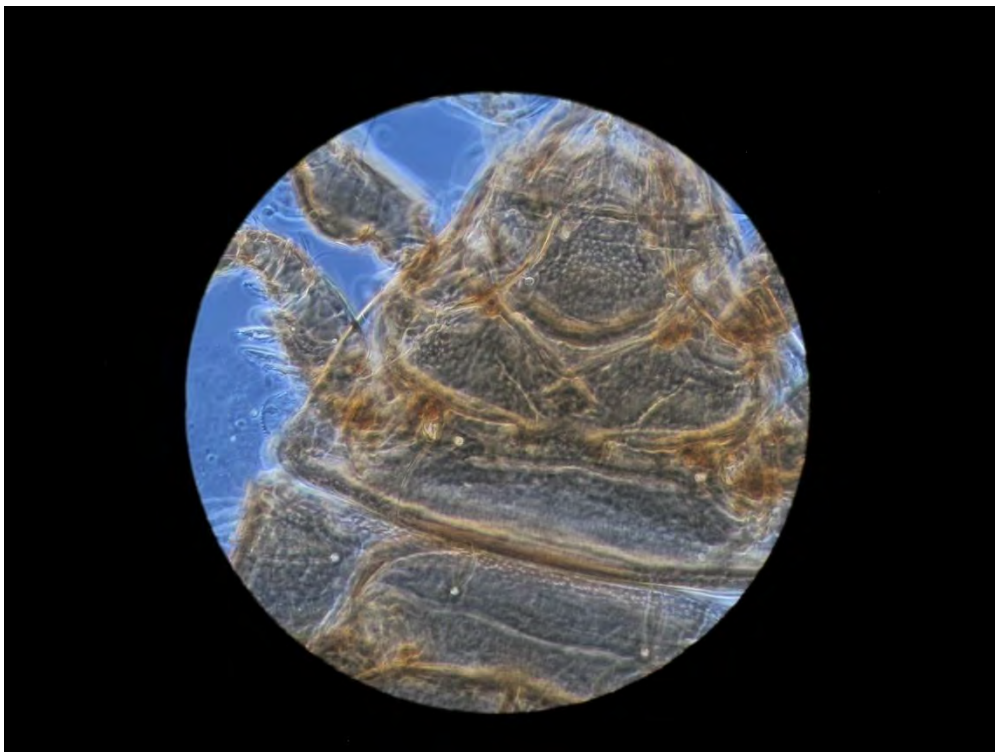
Fotografía 6. Género: *Cosmochthonius*



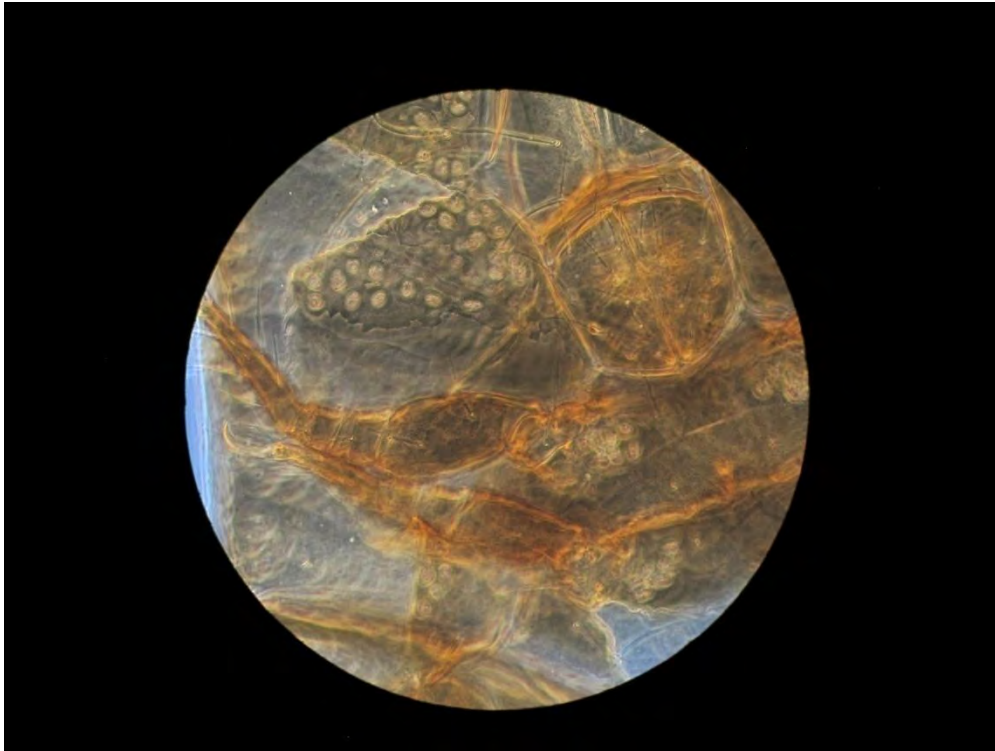
Fotografía 7. Género: Lohmannia



Fotografía 8. Género: Lohmannia



Fotografía 9: Género Mixacarus



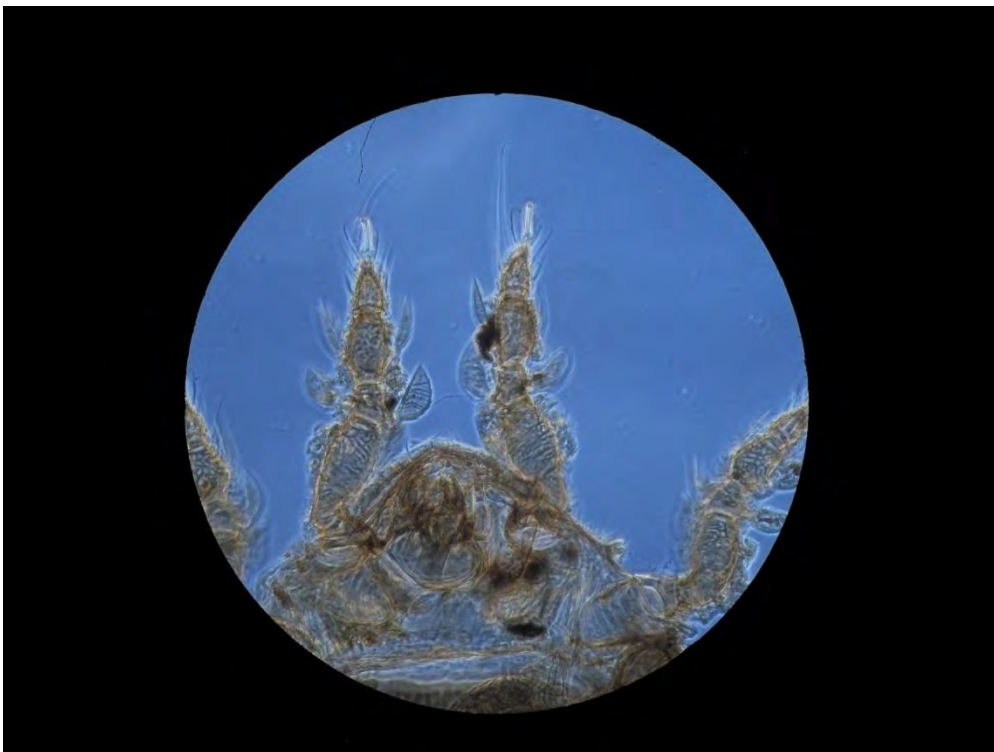
Fotografía 10. Género: Archegozetes



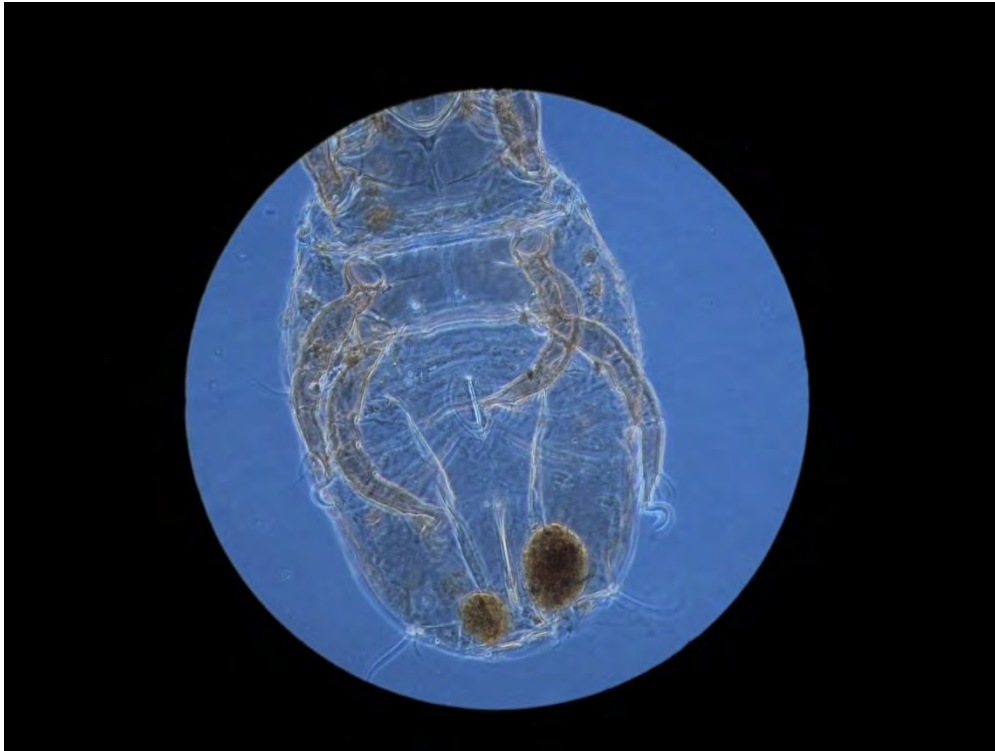
Fotografía 11. Género: Archegozetes



Fotografía 12. Género: Teleioliodes



Fotografía 13. Género: Malaconothrus



Fotografía 14. Género: Teleioliodes



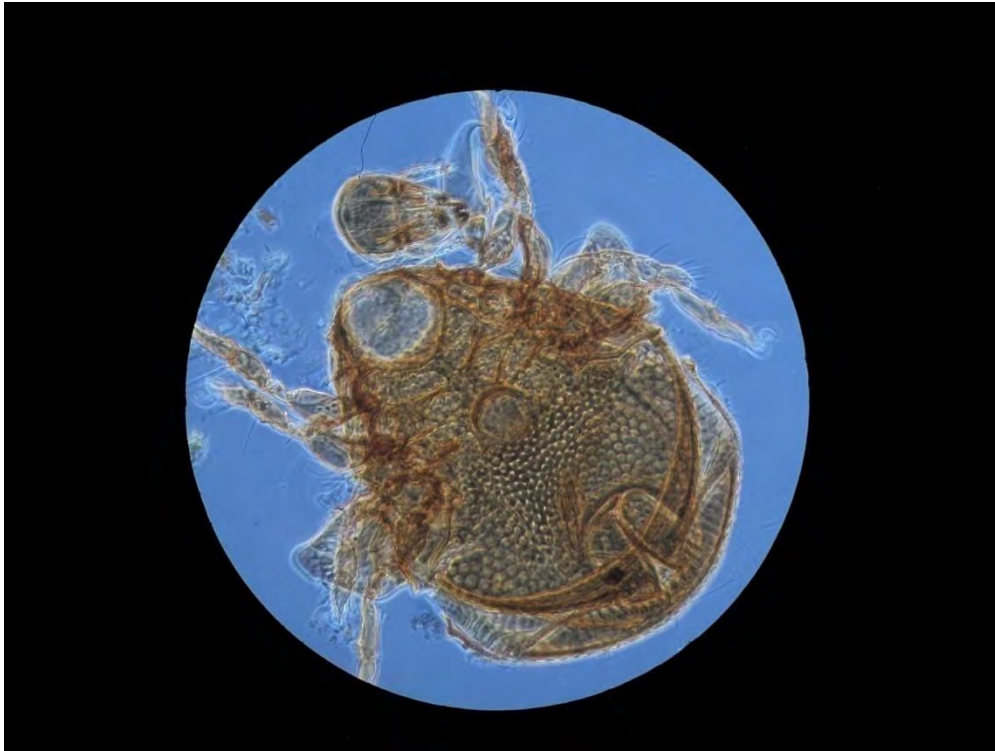
Fotografía 15: Scapheremaeus (hembra con huevo)



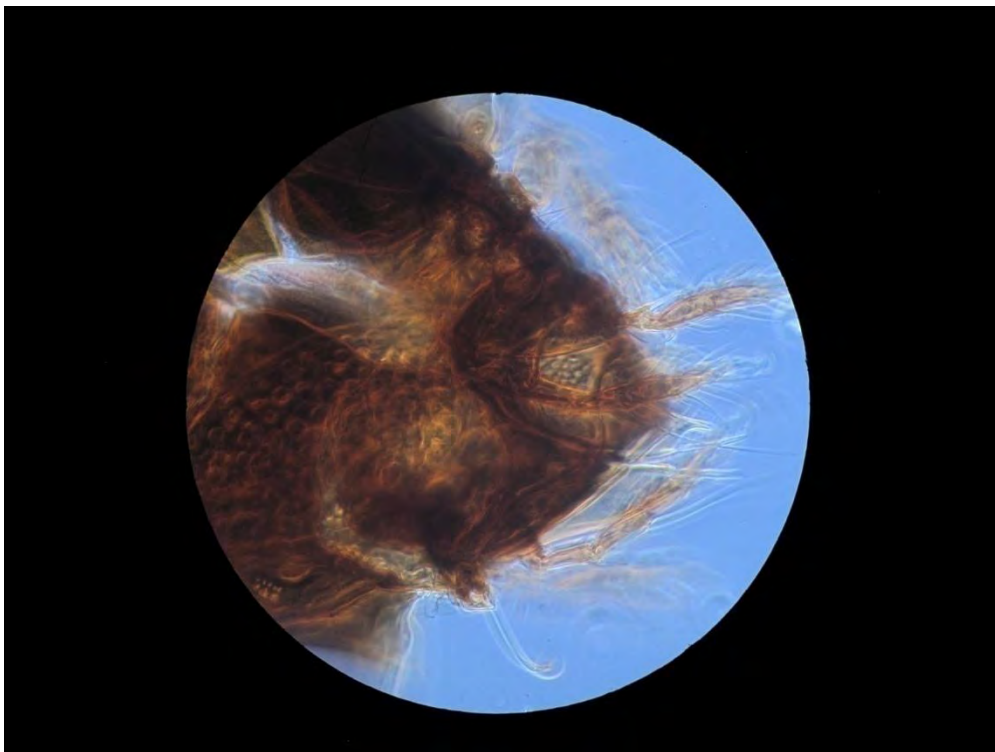
Fotografía 16. Género: Scapheremaeus



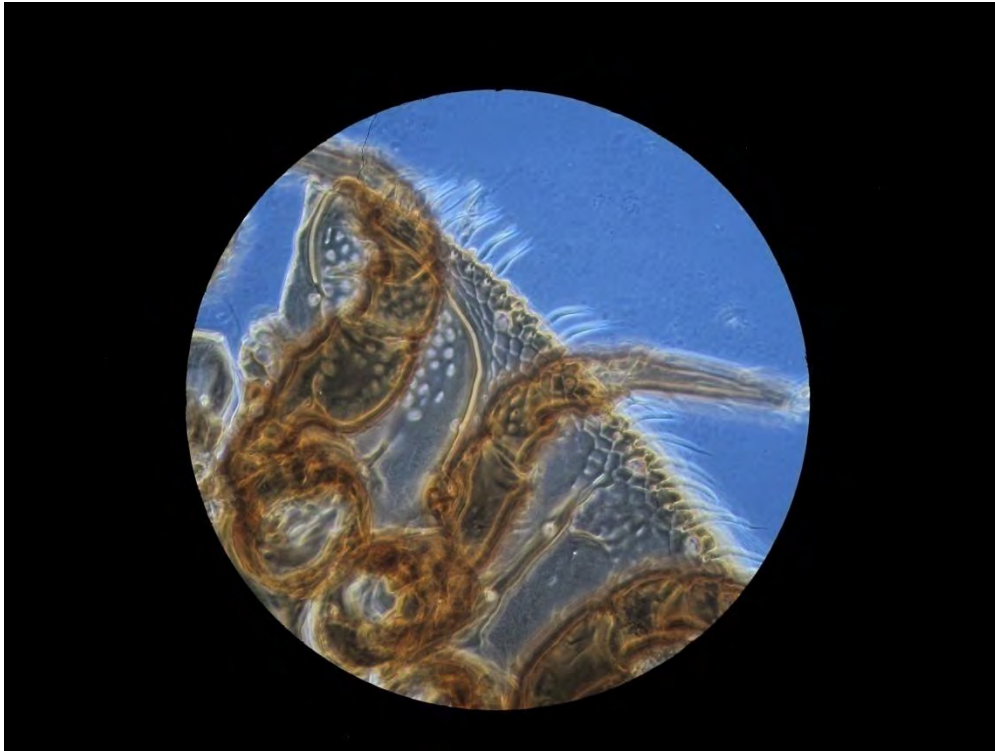
Fotografía 17. Género: Rostrozetes



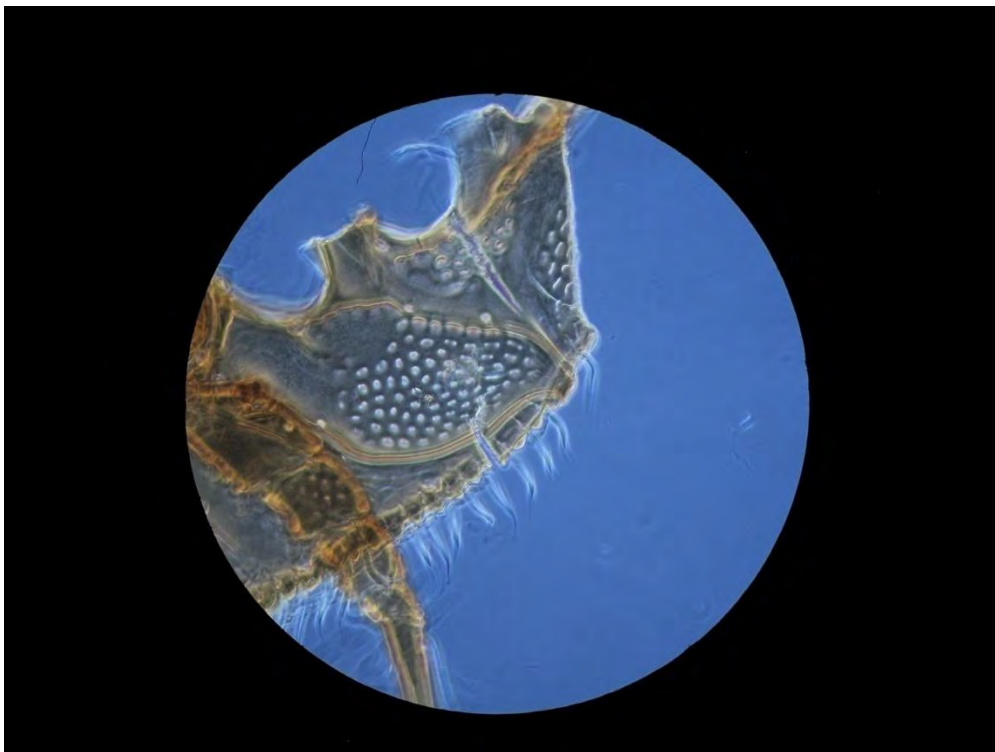
Fotografía 18. Género: Ceratozetes



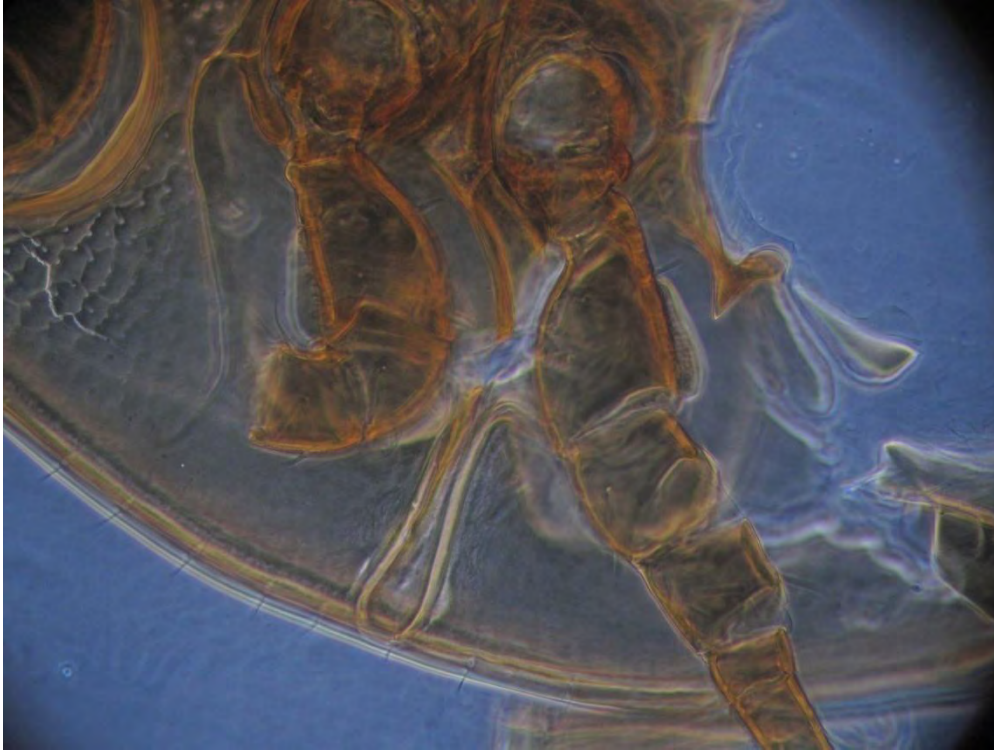
Fotografía 19. Género: Uropoda



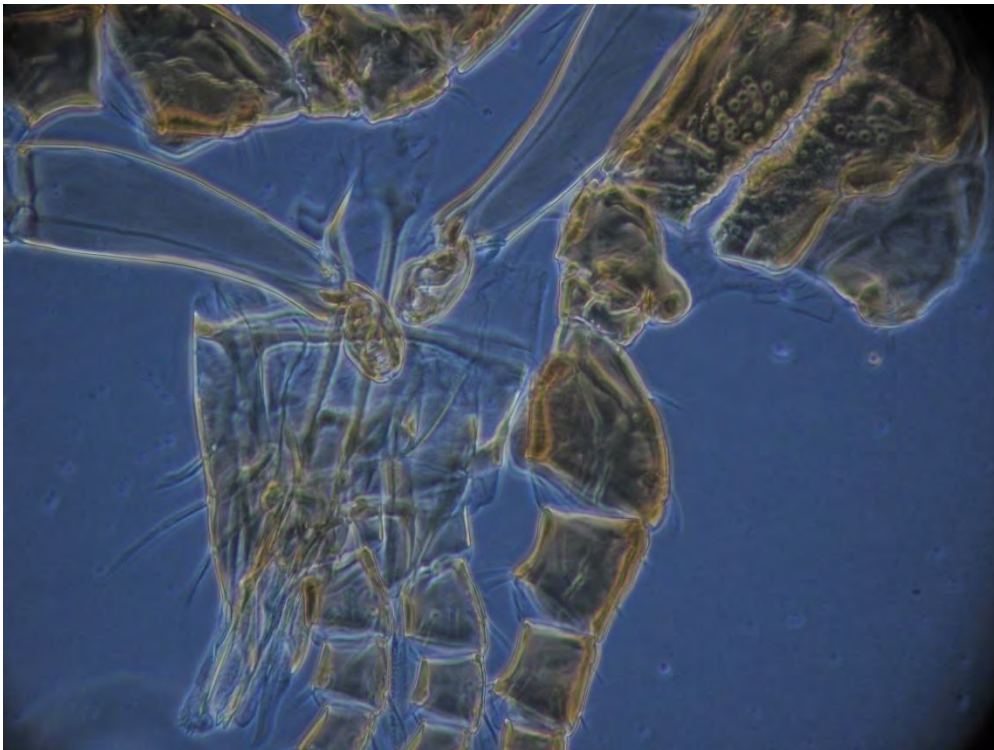
Fotografía 20. Género: Uropoda



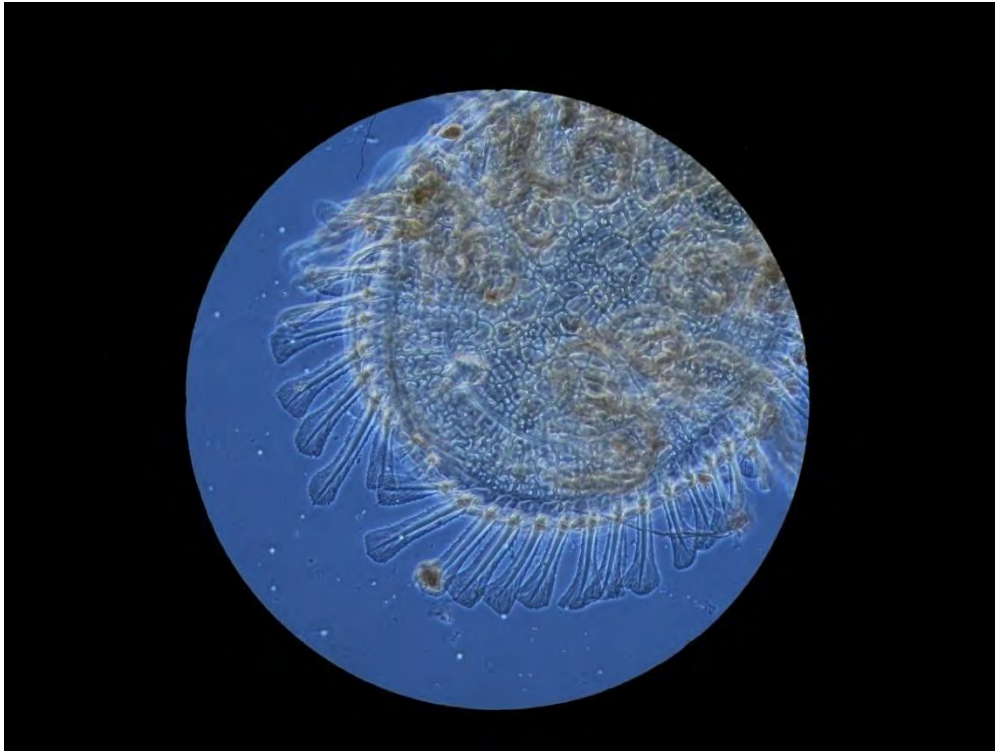
Fotografia 21. Género: Trichouropodella



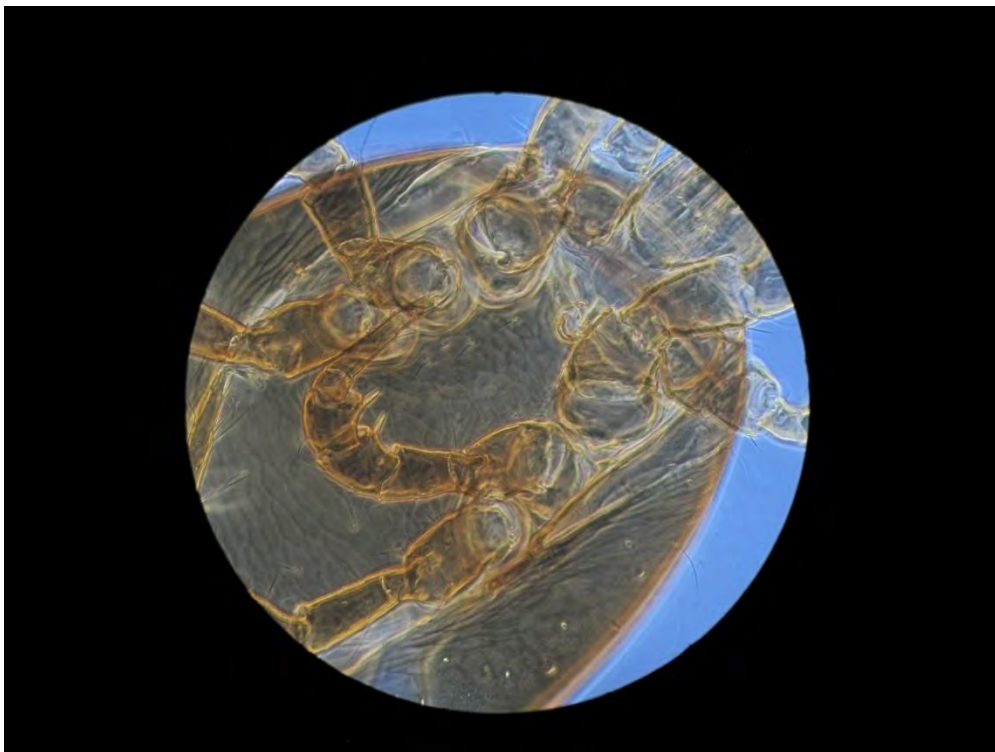
Fotografia 22. Género: Trichouropodella



Fotografía 23. Género: Uroobovella (Juvenil)



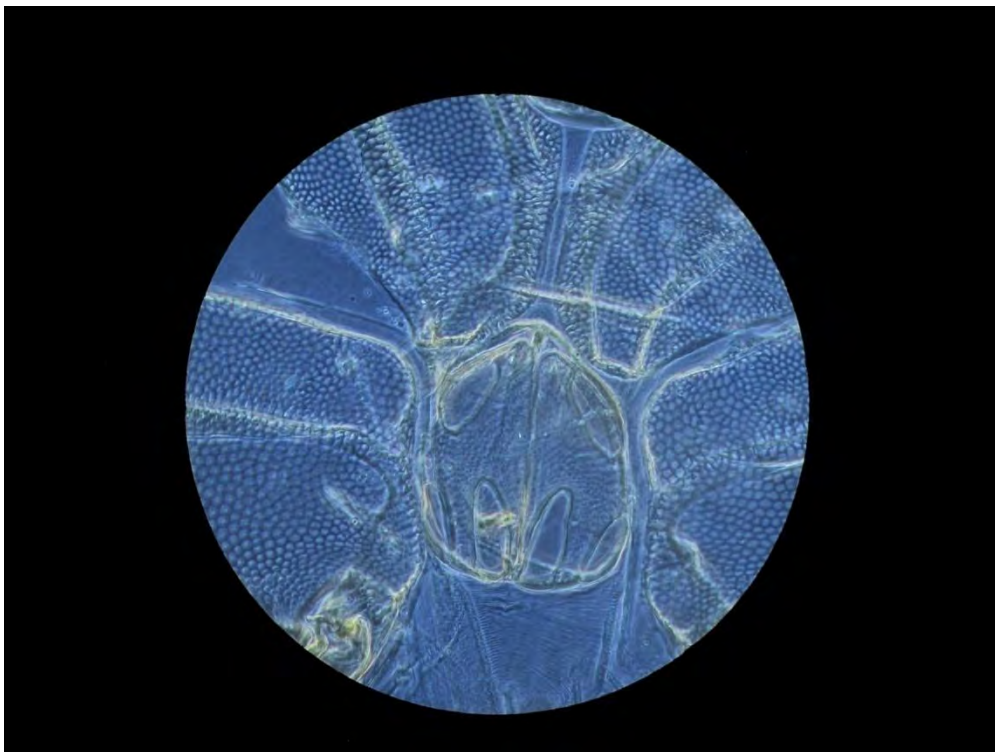
Fotografía 24. Género: Hololaelaps



Fotografía 25. Género: Hololaelaps (Espermadáctilo)



Fotografía 26. Género: Arrenurus (Especie 1, placa ventral)



Fotografía 27. Género: Arrenurus (Especie 1, Estructuras bucales)



Fotografía 28. Género: Arrenurus (Especie 2)



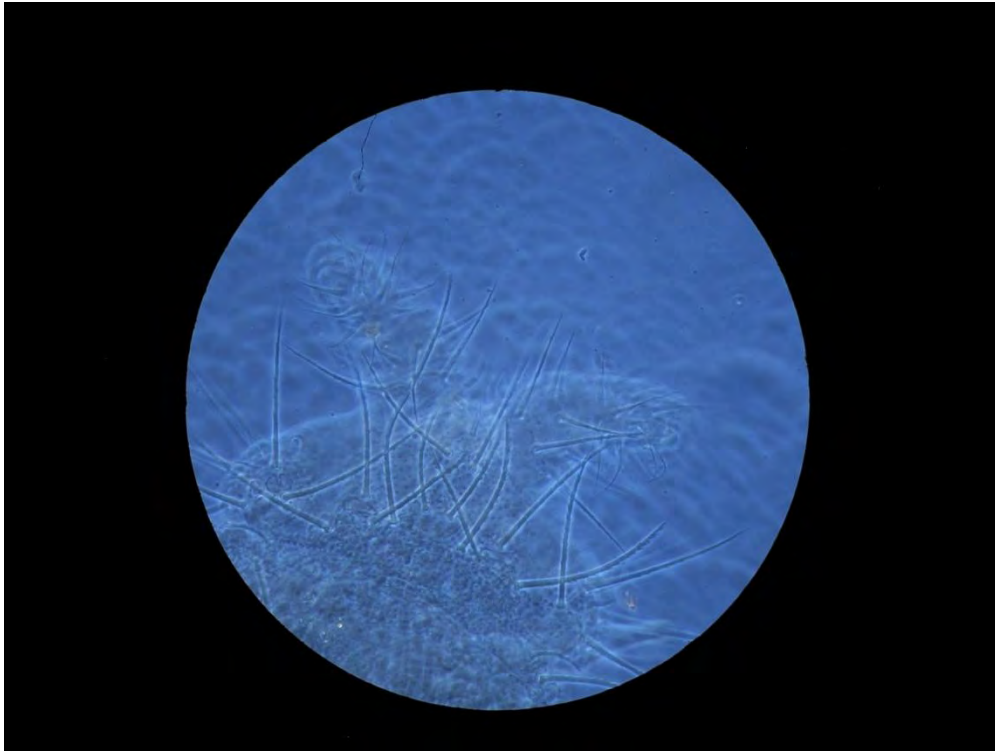
Fotografía 29. Género: Arrenurus (Especie 2, placa ventral)



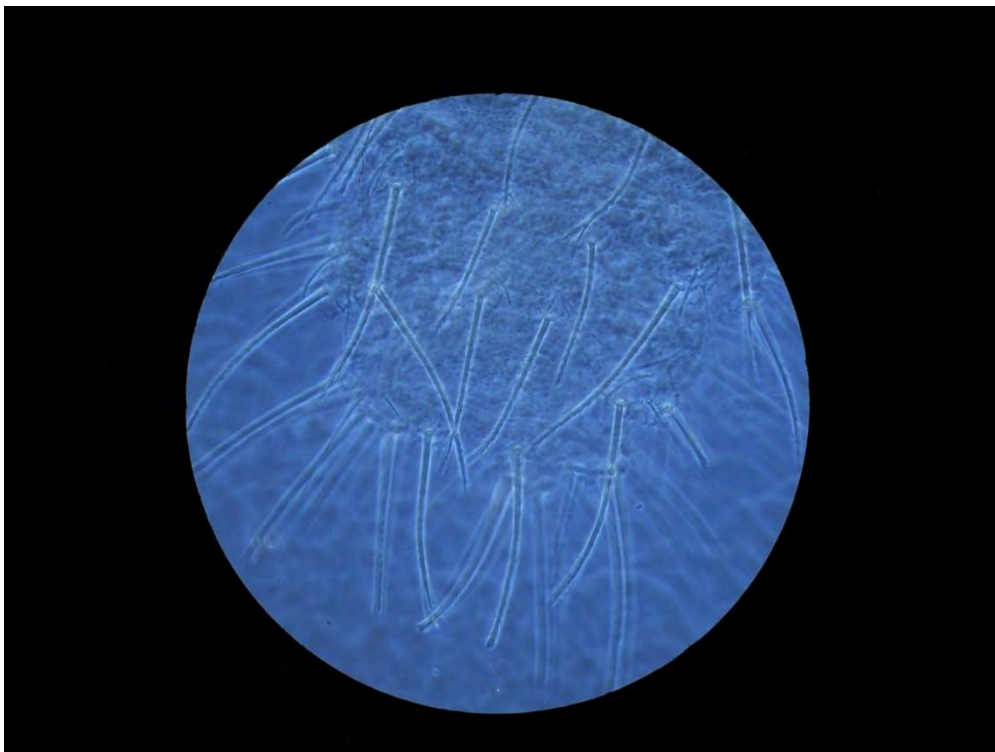
Fotografía 30. Género: Americanura



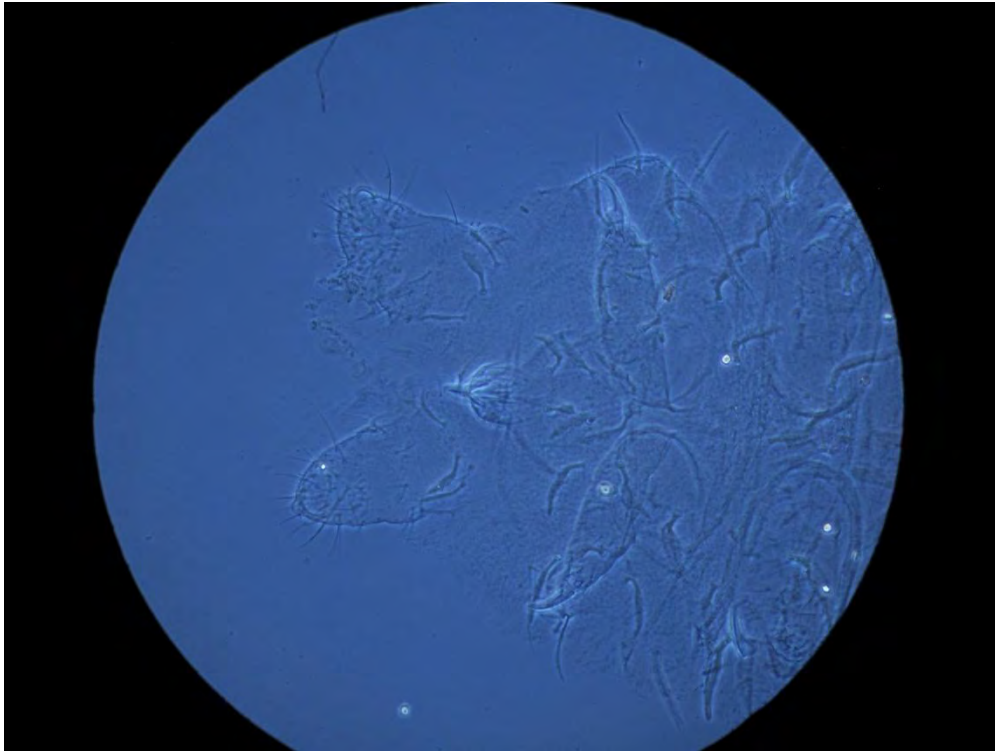
Fotografía 31. Género: Americanura (Cabeza)



Fotografía 32. Género: Americanura (Cuerpo)



Fotografía 33. Género: Palmanura (Especie 1, Cabeza)



Fotografía 34. Género: Palmanura (Especie 1, Cuerpo)

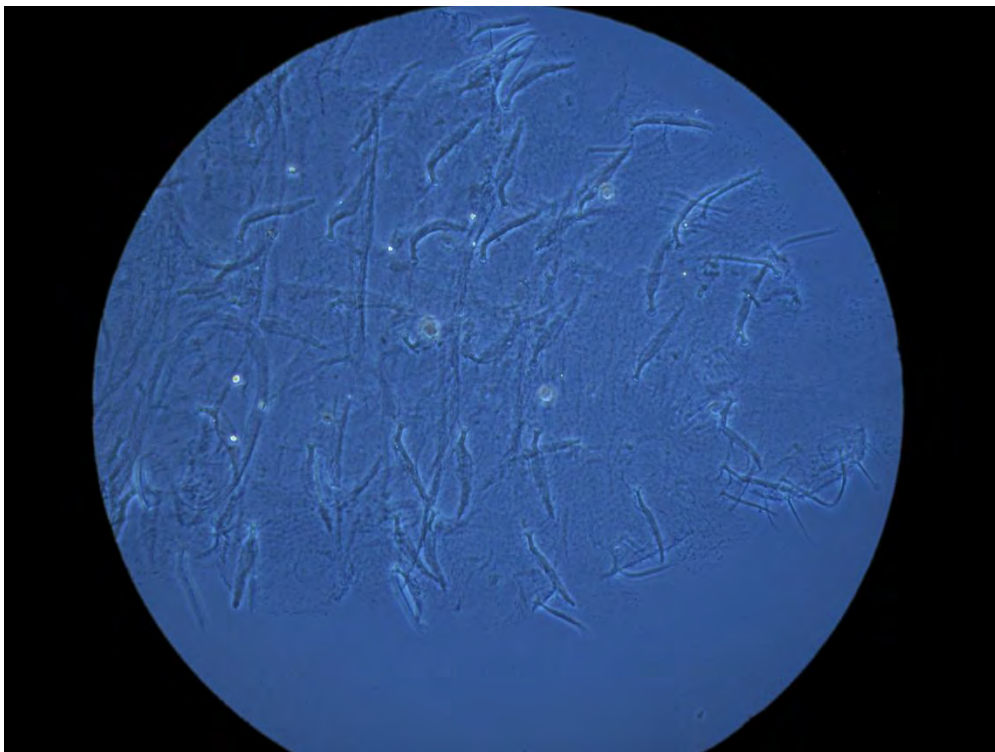


Imagen 1 de nueva especie en proceso de descripción: *Dynichus* (Placa dorsal)

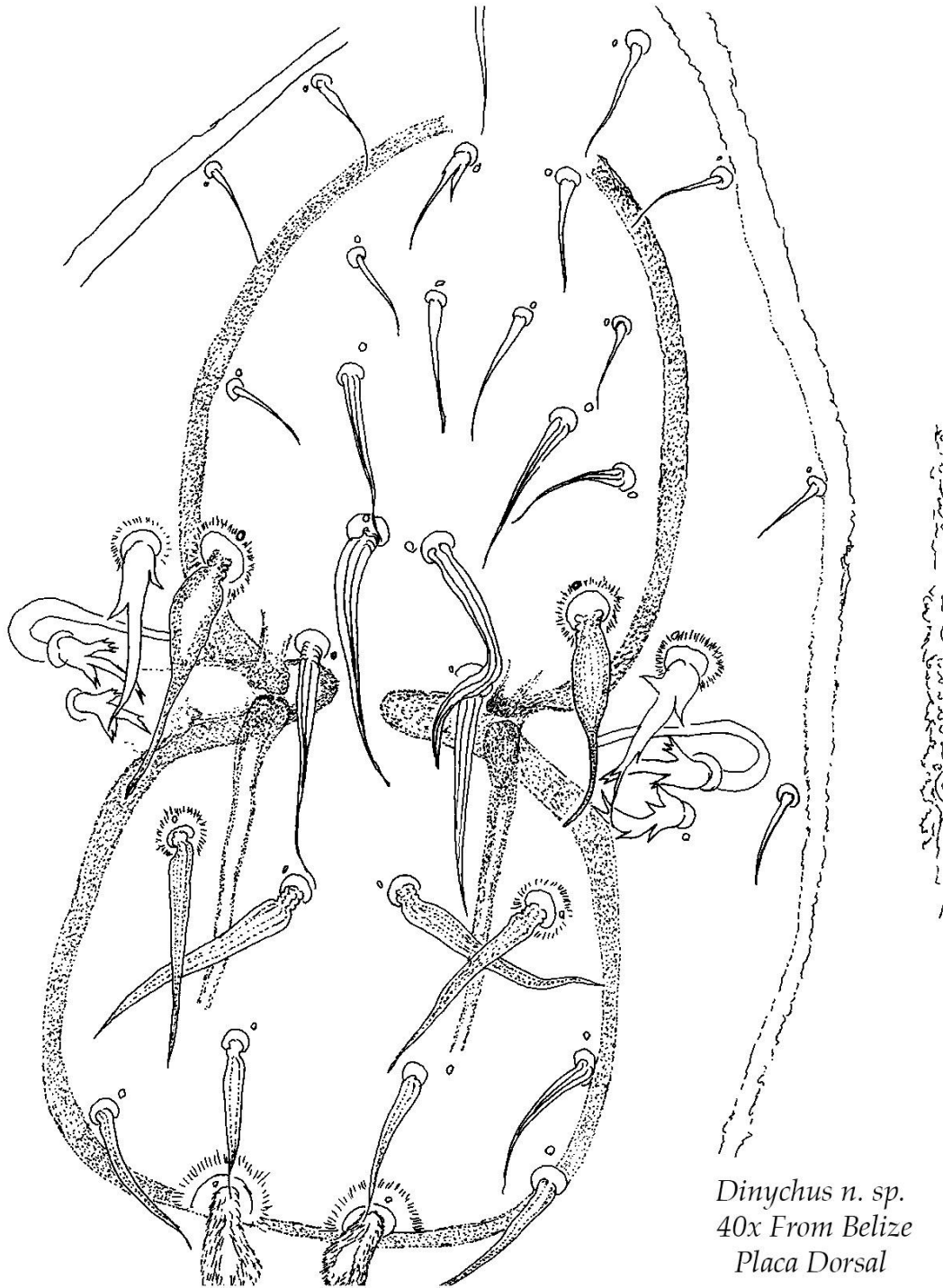


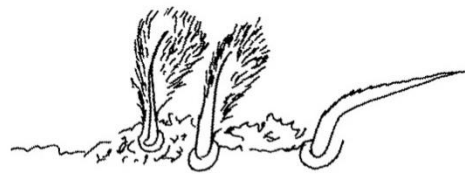
Imagen 2 de nueva especie en proceso de descripción: *Dynichus* (Partes del cuerpo)

Dynichus n. sp. from Belize



Hypostoma
40x

Quelíceros



Sedas Anterodorsales

Fotografía 35. Dynichus en proceso de descripción (cuerpo entero, vista de placa dorsal)



Fotografía 36. Dynichus en proceso de descripción (Sedas en la parte baja del cuerpo de la placa dorsal)

