



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE LOS RECURSOS
NATURALES**

**EFFECTO DE LA PERTURBACIÓN ANTROPOGÉNICA EN
EL MURCIÉLAGO FILOSTÓMIDO *MACROTUS
WATERHOUSII* EN DOS REFUGIOS DE SELVA BAJA, EN
EL MUNICIPIO DE HUETAMO, MICHOACÁN, MÉXICO.**

TESIS

QUE PRESENTA:

BIOL. JONATHAN LUVIANO HERNÁNDEZ

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ECOLOGÍA INTEGRATIVA

**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. ALMA LILIA FUENTES FARÍAS**

**CO-DIRECTORA:
DRA. ESPERANZA MELÉNDEZ HERRERA**

Morelia Mich. Agosto de 2017





UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
Cuna de héroes, crisol de pensadores



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales



Dr. Eduardo Mendoza Ramírez
Coordinador de la Maestría en Ciencias
en Ecología Integrativa

PRESENTE

Por este conducto nos permitimos comunicarle que después de haber revisado el manuscrito final de la Tesis Titulada: "Efecto de la perturbación antropogénica en el murciélago filostómido *Macrotus waterhousii* en dos refugios de selva baja en el municipio de Huetamo, Michoacán, México" presentado por el Biól. Jonathan Luviano Hernández, consideramos que reúne los requisitos suficientes para ser publicada y defendida para optar por el Grado de Maestro en Ciencias en Ecología Integrativa.

Sin otro particular por el momento, reiteramos a usted un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Morelia, Michoacán, 04 de agosto de 2017

MIEMBROS DE LA COMISIÓN REVISORA



Dra. Alma Lilia Fuentes Farías
Directora



Dra. Esperanza Meléndez Herrera
Co-directora



Dr. Eduardo Mendoza Ramírez



Dr. Alejandro Pérez Arteaga



Dra. Yurixhi Maldonado López



AGREDECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a la Dra. Alma Lilia Fuentes Farías y la Dra. Esperanza Meléndez Herrera por su asesoría en el transcurso en la elaboración de este proyecto. También quiero agradecer a los sinodales Dr. Eduardo Mendoza Ramírez, Dra. Yurixhi Maldonado López y al Dr. Jorge Alejandro Pérez Arteaga por su consejos y sus observaciones.

Quiero agradecer al Laboratorio de Parasitología de la UMSNH en especial al profesor David Tafolla Venegas, por toda su ayuda y asesoría en la parte concerniente de la helmintología del murciélago.

Agradecer también al Dr. William Scott Monks por su ayuda en la identificación del acantocéfalo.

Quiero agradecer a la familia Pineda por darnos refugio en su hogar a Edel Pineda López y Gerardo Eusebio Valdés por su valiosa asistencia técnica.

Quiero agradecer a mis padres y mis hermanas por su apoyo.

INDICE

RESUMEN GENERAL.....	9
ABSTRACT.....	10
Capítulo 1. Evaluación del índice corporal, niveles de glucosa sanguínea y carga parasitaria como bioindicadores de estrés antropogénico en el murciélago <i>Macrotus waterhousii</i> (Chiroptera: Phyllostomidae) en dos refugios de selva baja.	11
1.1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.2 ANTECEDENTES	14
1.2.1 Los Quirópteros.....	14
1.2.2 Especie de Estudio.	15
1.2.3 Glucosa y respuesta de estrés en murciélagos.....	18
1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	22
1.3.1 Hipótesis.	22
1.3.2 Objetivo general.....	22
1.3.3 Objetivos particulares.....	22
1.4 METODOLOGIA	23
1.4.1 Trabajo de campo.	23
1.4.2 Helmintos.....	25
1.5 ÁREA DE ESTUDIO	26
1.5.1 Descripción general.	26
1.5.2 Refugios de colecta	27
1.5.3 Área de estudio y actividad minera.	28

1.6 RESULTADOS.....	30
1.6.1 Refugios.....	30
1.6.1.1 Caracterización de los refugios de colecta:.....	31
1.6.2 Índice corporal de <i>M. waterhousii</i> en los dos refugios de colecta.	34
1.6.3 Niveles de glucosa.....	34
1.7 DISCUSION	41
1.8 LITERATURA CITADA	45
Capítulo 2. Helmintos del murciélago <i>Macrotus waterhousii</i> (Chiroptera: Phyllostomidae) en dos refugios de selva baja caducifolia en el municipio de Huetamo Michoacán, México.	54
RESUMEN	54
2.1 INTRODUCCIÓN	54
2.2 ANTECEDENTES.	55
2.3 METODOLOGIA	55
2.3.1 Preparación de los helmintos	55
2.3.2 Identificación taxonómica.-	57
2.4 RESULTADOS.....	58
2.4.1 Identificación de los helmintos.....	58
2.4.1a.- <i>Vampirolepis cf macroti</i>	58
2.4.1b.- <i>Torrestrongylus tetradorsalis</i>	61
2.4.1c.- <i>Capillaria sp.</i>	63
2.4.1d.- <i>Mediorhynchus sp.</i>	65

2.4.1e.- <i>Nycterophilia</i> sp.	67
2.5 DISCUSIÓN	69
2.6 LITERATURA CITADA	73
CONCLUSIONES GENERALES	77
RECOMENDACIONES	77
ANEXO	79

RESUMEN GENERAL

Los murciélagos se encuentran expuestos a diferentes estímulos naturales y antrópicos que desencadenan respuestas de estrés, con la consecuente liberación de glucocorticoides. La liberación constante de cortisol a largo plazo, deprime el sistema inmunitario haciendo más propensos a los organismos a todo tipo de enfermedades y cargas parasitarias. Dentro de las actividades humanas con mayor impacto negativo en la fauna silvestre se encuentra la minería. Para conocer la respuesta ante el estrés antropogénico causado por actividades mineras en una área de selva tropical, sobre el murciélago filostómido *Macrotus waterhousii* se colectaron 52 ejemplares machos adultos en dos refugios de selva baja: una mina abandonada cerca de una minera (n=26) y una cueva natural en un sitio conservado (n=26), en la localidad de Baztán municipio de Huetamo Michoacán, México. Se les midió, la carga parasitaria, el índice corporal, niveles de glucosa sanguínea como bioindicador indirecto de los niveles de glucocorticoides en sangre. Se registraron 4 taxones de helmintos de los cuales el acantocéfalo (*Mediorhynchus sp.*) y el nematodo (*Capillaria sp.*) representan nuevos registros para el murciélago. La carga parasitaria fue mayor en la cueva del sitio perturbado con un total de 98 parásitos (n=26) colectados en comparación con los individuos del sitio preservado con 37 parásitos (n=26). El índice corporal de los organismos que habitan en la cueva natural fue significativamente menor que el de aquellos que habitaban en la mina abandonada [n=52, t de student, $t(46) = 3.237$, $p = 0.0022$ (< 0.05)]. Los niveles de glucosa basal en la cueva del sitio conservado presentaron un promedio de 81.9 mg/dl EE= 4.9, en relación a los individuos de la cueva del sitio perturbado, los cuales mostraron un promedio de (90.23 mg/dl, EE=7.4). Se concluye que la presencia de la minera genera un estrés antropogénico que influye en la condición y posible supresión del sistema inmunológico de los murciélagos haciéndolos más susceptible a infecciones parasitarias.

Palabras clave: Estrés, glucosa, helmintos, cortisol, bioindicador.

ABSTRACT

Bats are exposed to different natural and anthropogenic stimuli that trigger stress responses, with the consequent release of glucocorticoids that in the long run depress the immune system making organisms more prone to all kinds of diseases and parasitic infections. Among the human activities with the greatest negative impact on wildlife is mining. In order to know the answer to the anthropogenic stress caused by mining activities in a Tropical forest area, 52 adult male specimens were collected in two shelters: an abandoned mine near a mine (n = 26) and a natural cave in a preserved site (n = 26), in the locality of Baztán municipality of Huetamo Michoacán, Mexico. In these work the parasite load, the body index, blood glucose levels as an indirect bioindicator of glucocorticoids in blood were measured. Four taxa of helminths were recorded from which the acanthocephalo (*Mediorhynchus sp.*) and the nematode (*Capillaria sp.*) represent new records for the bat. The parasite load was higher in the cave of the disturbed site with a total of 98 parasites (n = 26) collected compared to individuals from the preserved site with 37 parasites (n = 26). The body index of the organisms living in the natural cave was significantly lower than that of those inhabiting the abandoned mine [n = 52, student test, $t(46) = 3.237$, $p = 0.0022$ (<0.05)]. Basal glucose levels in the cave at the conserved site averaged 81.9 mg/dl SE = 4.9, in relation to the individuals in the cave at the disturbed site, which showed an average of (90.23 mg/dl, SE = 7.4). It is concluded that the presence of the miner generates an anthropogenic stress that influences the condition and possible suppression of the immune system of the bats making them more susceptible to parasitic infections.

Key words: Stress, glucose, helminths, cortisol, bioindicator.

Capítulo 1. Evaluación del índice corporal, niveles de glucosa sanguínea y carga parasitaria como bioindicadores de estrés antropogénico en el murciélago *Macrotus waterhousii* (Chiroptera: Phyllostomidae) en dos refugios de selva baja.

1.1 INTRODUCCIÓN

Debido a su abundancia local, riqueza de especies y diversidad ecológica, los murciélagos han sido reconocidos como un grupo indicador de perturbación ecológica. En el bosque tropical, la diversidad y abundancia de murciélagos es influenciada por la distancia entre los parches, las estrategias de forrajeo, el espacio vital y el estrés causado por el disturbio antropogénico (Mena, 2010). Los murciélagos como la demás fauna silvestre se encuentran expuestos a diferentes estímulos naturales y antrópicos. Dentro de las actividades humanas con mayor impacto en las poblaciones de mamíferos silvestres se encuentran la minería, la cual afecta debido a la remoción de vegetación, la liberación de contaminantes y la generación de ruido (ELAW, 2010).

El estado general de la salud de los animales silvestres incluidos los murciélagos, es crucial para modular la dinámica de los ecosistemas. Se han establecido varios parámetros de fisiológicos, bioquímicos, inmunológicos y de comportamiento que han sido propuestos para evaluar la capacidad de respuesta de los animales ante el estrés antropogénico. Dentro de los biomarcadores, sobresalen la de cortisol y corticosterona (Romero *et al.*, 2009). La respuesta de los organismos al estrés también puede ser medida por otros biomarcadores indirectos, como la medición de glucosa sanguínea (Romero *et al.*, 2011), la medición del incremento en el número y el porcentaje de neutrófilos (neutrofilia), y el decremento en el número de los linfocitos (linfopenia o linfocitopenia) (López de Lira *et al.*, 1996; Constanza, 2010).

Ante un estado estresante ocurren cambios fisiológicos en el organismo que desencadenan un estado de alerta. En murciélagos por el tipo de metabolismo acelerado que presentan, estos cambios se hacen más evidentes en la composición química de la sangre, así como en el aumento de consumo de oxígeno y de energía (Fernandes de Almeida *et al.*, 2014; Warneck *et al.*, 2014). La glucosa en sangre aumenta en respuesta inicial al estrés debido a la acción de las catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) liberadas desde las glándulas adrenales hacia la circulación sanguínea, se incrementa la frecuencia cardíaca y la presión sanguínea, también se estimula la gluconeogénesis hepática, aumentando la disponibilidad de glucosa plasmática (glicemia) en minutos. Este proceso participa como regulador de la glucosa en sangre, además del cortisol, del glucagón y la insulina (Constanza, 2010; Romero *et al.*, 2011).

Por otro lado, se sabe que, el estrés constante y por largos periodos, en cualquier organismo tiende a generar depresión en el sistema inmune. Los glucocorticoides y las catecolaminas, adrenalina y noradrenalina por ejemplo se acoplan a receptores del citoplasma y membrana de células inmunes, alterando la producción de citocinas e interleucinas, las cuales son útiles para la maduración de linfocitos y células inmunes (González y Escobar, 2006). En murciélagos ha sido demostrado recientemente, que el sistema inmune y su capacidad de defensa a patógenos está asociada a la ecología de percha de los diferentes tipos de refugios, refiriendo además que ciertas especies de murciélagos perchando en estructuras artificiales o que han sido sometidos a estrés por disturbio antropogénico podrían experimentar estrés fisiológico y por ende presentar inmunodepresión (Allen *et al.*, 2009; Patterson *et al.*, 2007; Scheneberger *et al.*, 2013). Esta depresión del sistema inmune causa una mayor susceptibilidad a enfermedades y deficiencia en el crecimiento de los organismos (Suzan *et al.*, 2000). Este último mecanismo se asocia a que las hormonas liberadas durante el estrés poseen una acción catabólica, debido al

gasto de energía por el consumo de oxígeno y la degradación del glicógeno hepático. Sumado a lo anterior se presenta una menor absorción intestinal del calcio y una disminución de hormonas como la del crecimiento (Tsigos y Chrousos, 2002).

Entre las enfermedades más comunes causadas por la inmunodepresión, se encuentran las infecciones parasitarias que a su vez, tienen un gran impacto en la dinámica poblacional de algunas especies silvestres (Espericueta, 2012; Moreno *et al.*, 2006). Varios estudios han demostrado la importancia de los helmintos parásitos en quirópteros ya que pueden ser utilizados como indicadores biológicos (Oviedo, 2009). Por sus características epidemiológicas como son sus mecanismos invasivos o su alta persistencia en el medio ambiente, los helmintos se pueden adaptar a diferentes tipos de hábitat además de ser susceptibles a las alteraciones ambientales, por lo tanto pueden ser considerados como indicadores de contaminación ambiental (Moreno *et al.*, 2006). La ausencia o presencia de ciertos helmintos por las diferencias que presentan en sus ciclos de vida, los diferentes hospederos intermediarios o definitivos que emplean, así como la propia etoecología del hospedero, nos puede indicar estrés en un organismo, esto debido a los mecanismos de infección que se favorecen por la perturbación ambiental que puede ocurrir a varios niveles (Suzan *et al.*, 2000; Esteban *et al.*, 2006; Monks, *et al.*, 2013).

Dado todo lo anterior expuesto, y con el fin de aportar información sobre la respuesta del estrés y la capacidad inmunológica de la especie de estudio ante las actividades antropogénicas como la minería (para la extracción de Fierro y Cobre) en una área de Selva baja Caducifolia, se estudiaron dos poblaciones del murciélago filostómido *Macrotus waterhousii*, una de ellas cercanas a una mina y la otra en un sitio muy poco perturbado. Se evaluó la respuesta de esta especie de murciélago al estrés antropogénico a través de la medición de su condición corporal y

niveles de glucosa sanguínea, así como porcentajes de prevalencia, abundancia e intensidad promedio de helmintos parásitos de *M. Waterhousii*.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Los Quirópteros.

Los quirópteros son el segundo grupo de mamíferos más diverso a nivel mundial seguido de los roedores con unas 1100 especies registradas aproximadamente. Se subdivide en dos subórdenes Megaquiróptera compuesta de una familia y 186 especies y Microquiróptera con 17 familias y 930 especies (Medellín *et al.*, 2007; Espericueta, 2012;).

En México existen 139 especies de murciélagos agrupados en nueve familias representando una cuarta parte de los mamíferos silvestres presentes en el país (Ceballos *et al.*, 2002; Ceballos y Grisselle, 2005; Medellín *et al.*, 2007; Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015). En el estado de Michoacán han sido registradas 76 especies de murciélagos que incluyen representantes de diversos gremios alimentarios (Núñez, 2005).

La familia Phyllostomidae es una de las familias de murciélagos más diversa y característica del neotrópico, del cual es endémica. Está constituida por 49 géneros y 143 especies, en México se encuentran 55 especies de 32 géneros (Ceballos y Grisselle, 2005).

La especie objeto de este estudio, el “Murciélago orejón Mexicano” *Macrotus waterhousii*, es un murciélago de hábitos cavernícolas y presenta una preferencia por las tierras bajas y hábitats semiáridos (Ceballos y Grisselle, 2005; Núñez, 2005). En el área de estudio es muy común encontrarlo.

Macrotus waterhousii fue elegido debido a que percha en cuevas de manera permanente y el espacio de forrajeo es de distancias cortas, por lo que el efecto de la actividad antropogénica

cercana a sus refugios se hace más evidente. La elección de la cueva objeto del presente estudio en el área conservada, se realizó con base en su accesibilidad y número de individuos presentes. La cueva elegida en el sitio perturbado fue la única encontrada en el área perturbada con presencia de *M. waterhousii*.

1.2.2 Especie de Estudio.

Nombre común: Murciélago orejón Mexicano.

Clase: Mammalia (Linnaeus, 1758)

Orden: Chiroptera (Blumenbach, 1779)

Familia: Phyllostomidae (Gray, 1825)

Especie: *Macrotus waterhousii* (Gray, 1843)

Descripción.- Es un murciélago de tamaño medio. El pelaje del dorso varía de gris pálido a café oscuro y en el vientre varía de parduzco a café. Tiene un trago largo y puntiagudo, un uropatagio ancho que envuelve la cola, la cual se extiende más allá de la membrana, las orejas desarrolladas con una longitud de 25 mm y unidas por un pliegue de piel, la hoja nasal es recta y lanceolada (Núñez, 2005; Ceballos y Grisselle, 2005; Figura 1B).

Sus medidas morfométricas son: LT= 77 a 108 mm; CV=25 a 42 mm; P=51 a 58 mm; O=23 a 26 mm; AN=44.7 a 58 mm; Peso= 12 a 19 gr.

M. waterhousii se encuentra desde el sur de California y Colorado en Estados Unidos y desde Tamaulipas hasta Guatemala (Núñez, 2005; Figura 1A). También se encuentra en algunas islas del Caribe (Silva, 1979; Ceballos y Grisselle, 2005; Núñez, 2005). En los refugios puede

formar colonias de decenas hasta cientos de individuos (Ceballos y Grisselle, 2005; Anderson, 1969).

M. waterhousii puede ocupar cámaras cavernarias húmedas. Se le encuentra más frecuentemente en recintos y galerías externos, aunque puede tolerar cierto grado de iluminación ya sea en cuevas o edificios abandonados (Silva, 1979). La temperatura de la cueva es el principal factor de elección de percha y se encuentra entre los 29 hasta los 43 °C (Anderson, 1969). En cuevas de mayor profundidad percha a los 10 metros desde la entrada de la misma. Las colonias dentro de la cueva pueden mudarse constantemente a distintos puntos y a veces puede estar separados en grupos de un mismo sexo.

Se reporta que las colonias de esta especie están compuesta de un 45 % de hembras y el 55 % restante son machos. Torres-Flores *et al.* (2012) en la cueva “El Salitre” en Colima, México reporta que el murciélago *M. waterhousii* la proporción de machos y hembras que habitaban en el refugio fue de 1:1 y manteniéndose la población de <200 durante todo el año.

M. waterhousii es frecuentemente encontrado en cuevas no habitadas por otros murciélagos, como *Artibeus*, *Glossophaga*, *Desmodus*, *Pteronotus* y *Leptonycteris* (Silva 1979, Ceballos y Grisselle, 2005).

La conducta alimenticia de esta especie de murciélago insectívoro consiste en capturar sus presas y llevárselas a devorar a sus sitios de percha. Las acumulaciones de los restos alimenticios en los refugios pueden adquirir grandes proporciones, llegando a medir hasta 2 cm de espesor. Los restos se componen mayormente ortópteros y lepidópteros y en menor proporción coleópteros que llegan a representar decenas de miles de individuos (Isla de Pinos, 1967 en Silva, 1979).

La dieta de *M. waterhousii* incluye; ortópteros, escarabajos, mariposas nocturnas, la mayoría del alimento lo recogen del suelo o posando en la vegetación (Núñez, 2005). Aunque el murciélago consume una gran variedad de insectos de diferente grupo taxonómicos. Sánchez y Wilson (2016) lo consideran un cazador oportunista y su alimentación se asocia a insectos de mayor abundancia según la temporada. En su estudio realizado en una zona semiárida en Querétaro encontraron que consumía una gran cantidad de especies de la familia Lepidóptera Hymenoptera y Coleoptera entre otros siendo las más frecuentes las mariposas nocturnas y la hormiga (*Atta mexicana*). Por otro lado, Medellín (2009) reporta que en la Isla María Madre Nayarit, consume principalmente Coleópteros seguido de mariposas nocturnas (Lepidóptera) y saltamontes (Orthoptera).

El vuelo del murciélago es lento pero apto para maniobrar en espacios reducidos y de baja altura, emplea llamadas de ecolocación de alta frecuencia que le permite encontrar comida y navegar mejor en ambientes cerrados. La actividad espacial del forrajeo en el murciélago es de distancias cortas de 2.5 a 5 kilómetros de la cueva en la que habitan, aunque puede ser mayor en regiones desérticas como en el caso de *Macrotus californicus* el cual se reportó de 10 kilómetros (Anderson, 1969; Silva, 1979; ICF, 2012).

M. waterhousii presenta un desarrollo embrionario retardado, lo cual produce que tenga una duración de 8 meses. Regularmente tiene una cría al año (Núñez, 2005). Esta especie no se encuentra enlistada en la Nom-059-SEMARNAT y en la IUCN se encuentra bajo preocupación menor (LC).

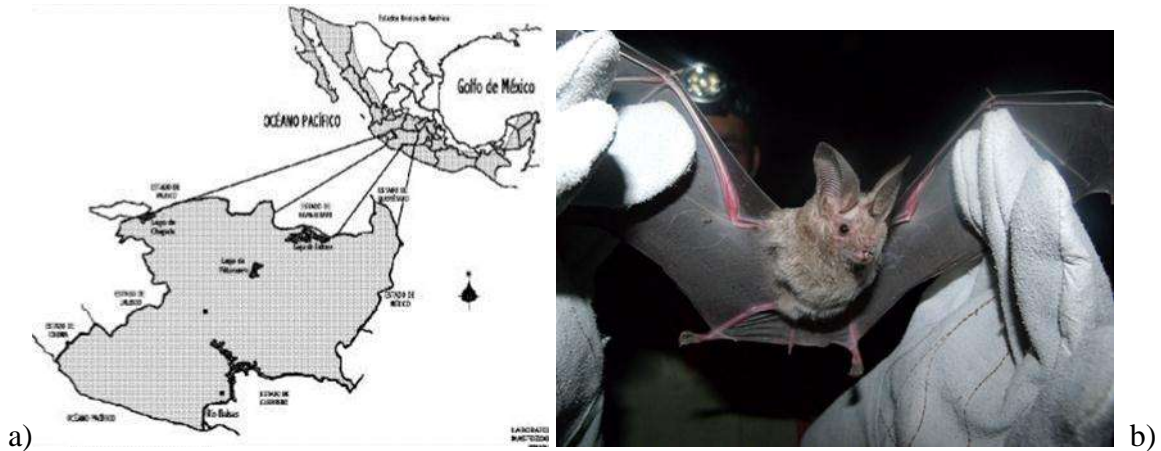


Figura 1.- A) Distribución del murciélago *Macrotus waterhoussi* en México, tomado de Núñez (2005) y B) Fotografía de *Macrotus waterhoussi*.

1.2.3 Glucosa y respuesta de estrés en murciélagos.

La respuesta a estrés de murciélagos puede evaluarse indirectamente a través de la medición de la glucosa sanguínea, esto fue descrito por primera vez por Weidmaier y Kunz (1993), quienes observaron cambios metabólicos y endocrinos en murciélagos estresados en cautiverio. Entre los factores que estos autores midieron se encontraba la glucosa en sangre la presentó una medida significativamente mayor después de una hora en confinamiento que al momento de la colecta. Registraron además que el tiempo de la toma de la muestra no debía exceder de tres minutos ya que los valores basales tanto de cortisol como de la glucosa aumentaban con el tiempo.

A diferencia de los mamíferos terrestres en los murciélagos la mayor parte de la glucosa que ingieren entra al organismo mediante absorción paracelular (a través de uniones estrechas existentes entre las membranas de células adyacentes) independientemente de su dieta. Este mecanismo es similar al de las aves, junto con un menor volumen intestinal, son respuestas evolutivas en los murciélagos, asociadas sobre todo con el ahorro energético (Caviedes-Vidal *et*

al., 2007). Así, la glucosa es vital para mantener la homeostasis sobre todo en periodos de ayuno (Freitas *et al.*, 2010).

Generalmente en murciélagos la respuesta al estrés es similar que en otros animales; la activación y secreción de la hormona adrenocorticotropa (ACTH) por la corteza adrenal y posteriormente el cortisol, es gradual y se activa en los primeros minutos del estresor y en condiciones normales se relaciona con el ciclo circadiano (Widmaier y Kunz, 1993; Weidmaier *et al.*, 1996). Esta liberación de cortisol en sangre en respuesta a estrés agudo en los murciélagos puede ser crucial para la sobrevivencia de los organismos, pero niveles elevados de manera constante o crónica, pueden afectar determinadamente su salud. Estudios han concluido que el nivel de cortisol en sangre puede verse afectado por la disponibilidad de alimento en gran medida (Lewanzik *et al.*, 2012). Esto último ha sido corroborado en hembras preñadas y lactantes coincidiendo con una baja condición corporal (Allen *et al.*, 2010).

El estrés antropogénico medido en tres especies de murciélagos, *Myotis lucifugus*, *M. septentrionalis*, y *M. sodalis* en un hábitat conservado y uno perturbado, dio como resultado un menor índice corporal, una mayor relación de neutrófilos y linfocitos en hábitats perturbados que en conservados, en coincidencia con los niveles de cortisol. (Lelas, 2011).

Rosas en 2009 midió el estrés en los murciélagos *Artibeus obscurus* y *Artibeus fimbriatus* en respuesta a la perturbación ambiental. Con base en los resultados obtenidos de mediciones de cortisol se determinó que *A. obscurus* se adapta satisfactoriamente al ambiente perturbado presentando mayor tolerancia, en comparación de *A. fimbriatus* que presentó una disminución de su índice corporal.

1.2.4 Helmintiasis y perturbación antropogénica en murciélagos.

Los helmintos no constituyen un grupo monofilético, pues incluyen representantes de cuatro *phyla* que no están relacionados genealógicamente: Platyhelminthes (gusanos planos), Acanthocephala (cabeza espinosa), Nematoda (gusanos redondos) y Annelida (gusanos segmentados). El término “helminto” se utiliza para referirse a especies animales de cuerpo largo y blando (gusanos) que parasitan a otros organismos. En general los helmintos involucran a tres grupos distintos de invertebrados: los platelmintos o gusanos planos, los nemátodos o gusanos redondos, y los acantocéfalos o gusanos espinosos (Poulin y Morand, 2004).

Los estudios helmintológicos reportados a la fecha sobre fauna silvestre han demostrado que la mayoría de los vertebrados están parasitados por al menos una especie de helminto. Por ello, se piensa que los parásitos representan una buena porción de la biodiversidad del planeta (Poulin y Morand, 2000; Poulin y Morand, 2004; Thomás y Guégan, 2005).

Los helmintos representan un componente clave en la diversidad biológica del planeta, ya que además de estructurar y vincular las tramas tróficas (Arias-Gonzalez y Morand, 2003; Hudson *et al.*, 2006) en los ecosistemas con información complementaria de sus ciclos de vida y la biología de los parásitos, pueden ser utilizados como bioindicadores de la salud ambiental en sitios determinados (Monks *et al.*, 2013; Sánchez-Moreno y Talavera, 2013; Falcón-Ordaz *et al.*, 2013). Por ello, la información generada a partir de este tipo de estudios puede ser utilizada en la toma de decisiones sobre el manejo y conservación de los recursos naturales.

Los helmintos en murciélagos como en la demás fauna silvestre, pueden aportar datos de la ecología y etiología de sus hospederos: información de su dieta, estado de degradación de los ecosistemas, dinámicas poblacionales, además tienen un papel importante como reguladores de las poblaciones, ya que los parásitos aumentan o disminuyen la susceptibilidad de la depredación, reproducción así como la capacidad competitiva (Esteban *et al.*, 2006). Se ha reportado que la incidencia de endoparasitismo está relacionada con los hábitos alimenticios de percha y ectoparásitos del hospedero, y es mayor en elevaciones por debajo de los 1200 msnm. Esta diferencia se asocia a que en zonas bajas existe mayor diversidad y abundancia de fuentes alimenticias que en regiones altas, propiciando diferente grado de parasitemia en los hospederos (Cuartas y Muñoz, 1999; Tlapaya-Romero *et al.*, 2015).

Trabajos como los de Oviedo 2009 en el noroeste de Argentina o el de Nogueira *et al.* 2004, en el poniente de las amazonas en Brasil, encontraron diferencias notables en la prevalencia e intensidad de infección de varios helmintos. Estos autores determinaron que el sexo no interfiere en la proporción de infección parasitaria, concluyendo que es el tipo de ambiente el que juega un papel preponderante.

Dado lo anterior pareciera que la resiliencia de los quirópteros en presencia de efectos antropogénicos depende en gran medida de las especies y de la intensidad y duración de los factores estresantes y el sexo de los individuos. De manera general, y por lo arriba referido en los antecedentes queda establecido que la perturbación y pérdida de hábitat inducirá un aumento de estrés en las poblaciones de murciélagos. Esto último se pretende medir en el presente estudio, a través de los niveles de glucosa sanguínea, índice corporal así como porcentajes de prevalencia, abundancia e intensidad promedio de helmintos parásitos de *M. waterhousii*

1.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.3.1 Hipótesis.

La perturbación del ambiente provocado por la actividad minera influye en la salud y susceptibilidad a infecciones parasitarias en el murciélago *Macrotus waterhousii*.

1.3.2 Objetivo general.

Determinar el efecto en la salud y susceptibilidad a infecciones parasitarias en poblaciones de murciélagos de la especie *Macrotus waterhousii* en dos refugios de selva baja de localidades con diferente grado de perturbación en el municipio de Huetamo, Michoacán, México.

1.3.3 Objetivos particulares.

Capítulo I

- Caracterizar físicamente los refugios de *M. waterhousii* en las dos áreas de colecta.
- Evaluar el índice corporal de *M. waterhousii* en refugios de colecta con diferente grado de perturbación antropogénica.
- Evaluar la respuesta a estrés de *M. waterhousii* mediante la medición de glucosa sanguínea en refugios de colecta con diferente grado de perturbación antropogénica.
- Determinar la magnitud de infección parasitaria de helmintos en *M. waterhousii* en refugios de colecta con diferente grado de perturbación antropogénica.

Capítulo II

- Realizar un listado taxonómico y descripción de las especies de helmintos encontradas en *M. waterhousii* en refugios de colecta con diferente grado de perturbación antropogénica.

1.4 METODOLOGIA

1.4.1 Trabajo de campo.

La especie de estudio, el murciélago filostómido *M. waterhousii* fue capturado según la Licencia de Colecta Científica por Proyecto con Propósitos de Enseñanza en Materia de Vida Silvestre, oficio SGPA/DGVS/02069/17 otorgada por la Semarnat. Los murciélagos fueron capturados en dos refugios de selva baja en el Rancho la Joya cerca de la localidad de San Chiqueo y en la localidad de Baztán del Cobre en el municipio de Huetamo. Las colectas se realizaron durante los meses de abril, junio y octubre de 2016.

Caracterización de refugios.- Cada cueva o refugio fue medida con una cinta métrica. Se obtuvo la superficie de la cueva, su altura y dimensiones de la entrada. Se tomaron también datos de temperatura ambiental y porcentaje de humedad dentro y fuera de los dos sitios con una micro estación climática Kiestrel 4000, así como coordenadas geográficas y altura sobre el nivel del mar.

Conteo en el interior del refugio.- Fueron contados los individuos de la especie de estudio presentes en un parche de un metro cuadrado elegido aleatoriamente y después se extrapolo el área contada al área total que ocupa la colonia (Gallina, 2015).

Captura y medición.- La colecta se llevó a cabo con una red entomológica dentro de las cuevas y con red de niebla de 2 x 1 m en la salida de las cuevas, esto es para evitar en lo posible el estrés

por nuestra presencia en la cueva. Esta colecta se realizó antes de que los organismos comenzaran su actividad (12 o 1 pm) durante un periodo de cuatro horas en los dos refugios. Al caer en la red inmediatamente se retiraron de la misma, en un tiempo menor a los 3 minutos. Los murciélagos se identificaron con ayuda de guías de campo (Álvarez *et al.*, 1994; Apátiga y Núñez 2003; Medellín *et al.*, 2007; Álvarez-Castañeda *et al.*, 2015).

Condición corporal.- Fueron colectados un total de 52 ejemplares todos machos adultos, esto identificado con base en la osificación de la hipófisis de los dedos alares (Dietz y Helversen, 2004). Veintiséis murciélagos fueron colectados en la cueva 1 localizada en el Rancho la Joya (sitio conservado) y veintiséis en la cueva 2 localizada en la localidad de Baztán (sitio perturbado). Los murciélagos capturados fueron pesados y medida su longitud del antebrazo con un vernier. La medición del índice corporal, se obtuvo según Allen *et al.*, (2010), dividiendo el peso del individuo entre la longitud del antebrazo

Medición de glucosa.- Se tomó una muestra de sangre en base a Baptista *et al.* (2006) La toma fue antes de los tres minutos de su captura, posteriormente los murciélagos se colocaron en una bolsa de manta durante 60 minutos y enseguida se volvió a tomar otra muestra de sangre, estas muestras de sangre fueron analizadas con un glucómetro Accu-Chek Active.

Sacrificio de los ejemplares.- Se administró una sobre dosis de Pentobarbital sódico vía peritoneal (60µl/15gr. NOM-033 1995). Los ejemplares sacrificados fueron rotulados y se colocaron en bolsas ziploc en una hielera para su conservación y transporte.

Análisis de datos.- Los datos obtenidos fueron analizados por la prueba de Shapiro-Wilk para verificar su normalidad y la homogeneidad de varianzas. Mediante una prueba t-student, y t

pareada con un nivel de significancia α de 0.05 se estimaron las diferencias entre grupos. El programa utilizado fue R (R Core Team 2016).

1.4.2 Helmintos. Se determinó la magnitud de la infección parasitaria a través de los siguientes parámetros:

Riqueza.- Se refiere a la composición de una comunidad (parásitos gastrointestinales), es el número de especies presentes sin tomar en cuenta el número de individuos de cada especie (Maldonado, 2004).

Prevalencia.- Es el número de hospederos infectados con uno o más individuos de una especie particular de parásito (o grupo taxonómico), respecto al número total de hospederos examinados en un momento dado. Se puede expresar como porcentaje si se expresa en términos de porcentaje sobre un 100% (Becerril-Flores, 2004).

Abundancia.- Es el número de individuos de una especie particular de parásito en un hospedero revisado (Becerril-Flores, 2004).

Intervalo de intensidad.- Se define como el número máximo y el número mínimo de individuos de una especie de parásito, en particular, presente en una muestra de hospederos (Aguilar, 2008).

Intensidad promedio.- Se define como el número promedio de parásitos de una especie particular que corresponde a cada hospedero parasitado en la muestra (Aguilar, 2008).

1.5 ÁREA DE ESTUDIO

1.5.1 Descripción general.

El presente estudio fue llevado a cabo en el municipio de Huetamo de Núñez, Michoacán. El cual se encuentra entre los paralelos 18°26' y 18°53' de latitud norte; los meridianos 100°49' y 101°30' de longitud oeste; Presenta una altitud entre 200 y 1 700 m. Colinda al este con San Lucas; al noreste con Tiquicheo de Nicolás Romero; al noroeste con Turicato; al norte con Carácuaro; al oeste con Churumuco, al sur con Zirándaro, y al sureste con Coyuca de Catalán, ambos en el estado de Guerrero. Ocupa el 3.52% de la superficie del estado.

Orografía y fisiografía.- El relieve es accidentado conformado por lomeríos y cerros que no superan los 500 msnm y con aisladas formaciones rocosas que sobresalen entre los lomeríos, algunas áreas de difícil acceso y pequeñas depresiones donde regularmente se localizan asentamientos humanos. En las partes más bajas se alcanzan los 200 msnm, y en las más altas (montañas) son 1750 msnm (INEGI, 2009).

Hidrografía.- El municipio pertenece a la región hidrográfica del Balsas, las principales cuencas son el Rio Tacámbaro, el Rio Balsas-Zirandaro, Rio Balsas-Infiernillo y Rio Cutzamala. Corrientes de agua perennes: Balsas, Chihuero, Chiquito, Corutzén, Cuitzio, Grande, Guanambio, La Alberca, Los Limones, San Ignacio y Urapa y corrientes Intermitentes: Agua Bendita, Apocas, Atzimbaro entre otras (INEGI 2009).

Suelos.- En Huetamo los suelos predominantes son: Leptosol (49.36%), Regosol (28.35%), Phaeozem (6.82%), Luvisol (5.25%), Cambisol (3.21%), Calcisol (2.91%), Fluvisol (1.74%) y Vertisol (1.51%) (INEGI 2009)

Climatología.- El municipio de Huetamo presenta climas semisecos muy cálido y cálido (59.31%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (23.11%) y seco muy cálido y cálido (17.58%). La temperatura media que se reporta anualmente entra en un rango de 22 a 32°C, con una precipitación pluvial que va del centro del municipio de 800 a 1000 mm al este y oeste (INEGI 2009).

Vegetación.- En Huetamo la vegetación que predomina es la selva baja caducifolia y subcaducifolia 58.7%, pastizal 16.38%, bosque tropical espinoso 2.37%, agricultura 21.66% y zona urbana 0.57% (INEGI 2009).

Fauna.- Entre los mamíferos silvestres terrestres se encuentra coyote, zorrillo, tigrillo, ocelote, lince cacomiztle, conejo, zorra gris, armadillo, venado cola blanca etc, en cuanto al grupo de los murciélagos se puede encontrar miembros de la familia Mormoopidae, Phyllostomidae, Vespertiliidae y Molossidae. (Núñez, 2005).

1.5.2 Refugios de colecta.

Cueva de Rancho la Joya (Cueva 1).- La cueva se encuentra a unos 4.5 km de la localidad de San Chiqueo y 7 km de la localidad de Baztán, con las siguientes coordenadas geográficas N 18.76197° y W 101.22914° a unos 430 msnm. Esta es una cueva natural (Figura 2).

Cueva de Baztán de Cobre (Cueva 2).- Se encuentra a 80 metros de la comunidad de Baztán del Cobre. Se encuentra al borde un río estacional, a unos 421 msnm con coordenadas N 18.74036° y W 101.16862°. Esta es una cueva producto de excavaciones con fines de actividad minera (Figura 2).

1.5.3 Área de estudio y actividad minera.

Dentro del área de estudio se encuentra la minera “Cia. Minera El Baztán” la cual es una de las más importantes mineras en el estado de Michoacán. Fundada en 1956 en la comunidad de Baztán municipio de Huetamo, con una producción mensual de quince mil toneladas de material, el 25 %, tres mil 750 toneladas, corresponde a cobre y el 75 %, once mil 250 toneladas, a hierro, ocupa una superficie de 45 hectáreas. En 2014 se clausuró temporalmente por el uso irregular de cuatro hectáreas destinadas para el confinamiento de material además de no cumplir con los documentos probatorios en apego a la norma de impacto ambiental.






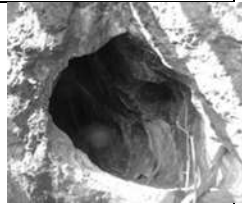

Figura 2. Ubicación de los dos refugios de colecta: A) Fotografía que muestra ambos refugios de colecta. B) Acercamiento a la cueva localizada cercana a la minera y pueblo. C) Acercamiento a la cueva natural ubicada en un sitio no perturbado. Tomado de: Google. (s.f) Mapa de Huetamo Mich. Imágenes de <https://www.google.com.mx/maps/place/Huetamo,+Mich>.

1.6 RESULTADOS

1.6.1 Refugios.

Dentro del Rancho La Joya (sito conservado) se reconocieron cinco cuevas naturales. En estas fueron identificadas seis especies de murciélagos incluida nuestra especie de estudio, el murciélago *Macrotus waterhousii*. A continuación se enlistan las especies en los diferentes refugios así como número de murciélagos encontrados en cada uno:

Tabla 1.- Refugios naturales en el sitio conservado y las especies de los murciélagos que los habitan.

Especie	Familia	Num. De individuos	Fotografía de la cueva
<i>Macrotus waterhousii</i>	Phyllostomidae	250 individuos	
<i>Balantiopteryx plicata</i> <i>Pteronotus parnellii</i>	Emballunoridae Mormoopidae	150 individuos 50 individuos	
<i>Macrotus waterhousii</i> <i>Dermanura azteca</i>	Phyllostomidae Phyllostomidae	100 individuos 20 individuos	
<i>Macrotus waterhousii</i>	Phyllostomidae	600 individuos	
<i>Natalus stramineus</i> <i>Glossophaga soricina</i>	Natalidae Phyllostomidae	>1000 individuos Indeterminado	

1.6.1.1 Caracterización de los refugios de colecta:

Cueva de Rancho La Joya (Cueva 1).- La cueva es un refugio natural con las siguientes medidas: Entrada de 2.50 m x 2.50 m. con una profundidad de 7.50 m. La temperatura interna de la cueva es de 35.1°C y con un porcentaje de humedad de 27.7%.

La cueva es habitada por una población de 250 individuos de *M. waterhousii* con una altura de percha que varía de 3 a 5 m. Como es habitada por una especie de murciélago durante todo el año, se considera como un refugio monoespecífico (Gallina, 2015). Para este estudio se ha considerado esta cueva como un refugio dentro de una área conservada ya que no hay actividad antropogénica a su alrededor y el área en la que está inmersa se encuentra en buen estado de conservación en cuanto a cobertura vegetal (Figura 3).



Figura 3. Cueva del Rancho la Joya (Cueva 1). Ubicada en un sitio sin actividad humana (conservado). Esta es una cueva natural.

Cueva de Baztán de Cobre (Cueva 2).- Esta cueva es una mina abandonada con las siguientes medidas: entrada 1.06 m x 1.76 m. profundidad 29 m. La temperatura interna de la cueva es de 34.4°C y con un porcentaje de humedad de 31.4%.

La cueva es habitada por una población aproximada de 230 individuos del murciélago *Macrotus waterhousii* con una altura de percha de 3 m, siendo al igual que la anterior un refugio monoespecífico (Gallina, 2015).

Esta ha sido considerada para este estudio como una cueva dentro de una área perturbada ya que frente a ella se encuentra la minera Baztán donde extraen cobre y fierro, de aproximadamente 45 hectáreas, además de que en la localidad hay un desarrollo humano de unas 100 casas aproximadamente con introducción de animales domésticos. En esta área existe un ruido constante y contaminación por las actividades mineras (Figura 4 y 5).



Figura 4. Cueva de Bastan de Cobre (Cueva 2) ubicada en el sitio con actividad humana (perturbado). Esta cueva como se mencionó en párrafos precedentes es una mina abandonada que incluso en algún tiempo fue utilizada como cárcel por los habitantes de la localidad.

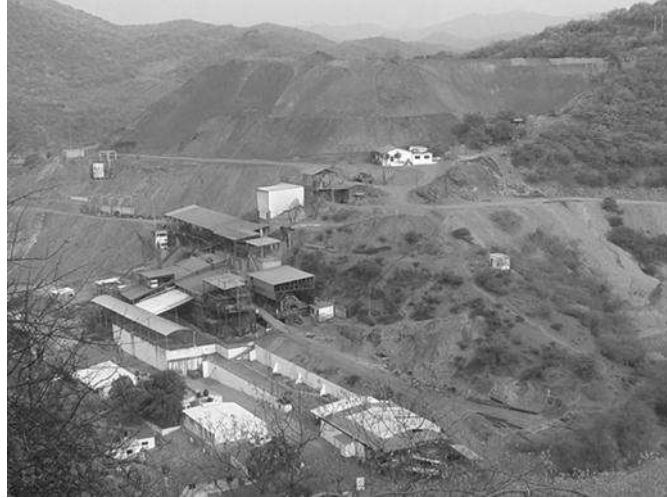


Figura 5. Minera en el sitio perturbado en la localidad de Baztán de Cobre.

1.6.2 Índice corporal de *M. waterhousii* en los dos refugios de colecta.

El índice corporal de los dos refugios muestreados presenta como resultado, un índice corporal significativamente menor en los organismos de la población correspondiente al refugio ubicado en el sitio perturbado. (Figura 5).

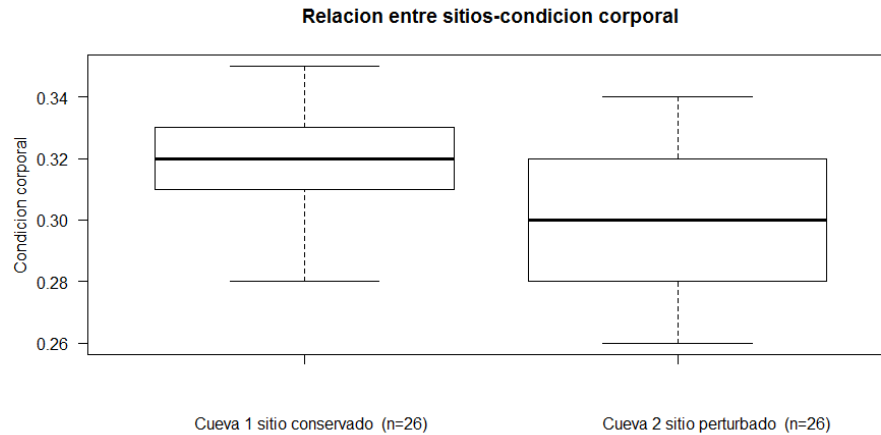


Figura 5. Comparación del índice corporal entre los dos sitios de colecta; cueva 1(sitio conservado), cueva 2 (sitio perturbado). En estos gráficos es posible observar un menor índice de condición corporal en el sitio perturbado con diferencia estadísticamente significativa [n=52, t de student, $t(46)= 3.237$, $p=0.0022$ (<0.05)].

1.6.3 Niveles de glucosa.

Se realizó la medición basal de niveles de glucosa como indicador indirecto de posible estrés crónico. Con el fin de comprobar que la medición realizada es un referente valido de la respuesta al estrés, se comparó la medición basal y a los 60 minutos de la toma de la muestra, ya que se sabe que a este tiempo de estrés agudo provocado por la colecta elevara los niveles de glucocorticoides (Widmaier y Kunz, 1993; Romero *et al.*, 2011).

Al comparar la media de la glucosa basal los dos sitios de colecta obtuvimos un tendencia al aumento en los organismo colectados en la cueva localizada en el sitio considerado como perturbado [n=52, t de student, $t(49)= -1.095$, $p= 0.2787$ (<0.05) Figura 6A]. En la Figura 6B se

observa el mismo comportamiento con respecto a los niveles de glucosa a los 60 minutos [n=52, t de student, $t = -0.7203$, $p(45) = 0.4751$ (<0.05)].

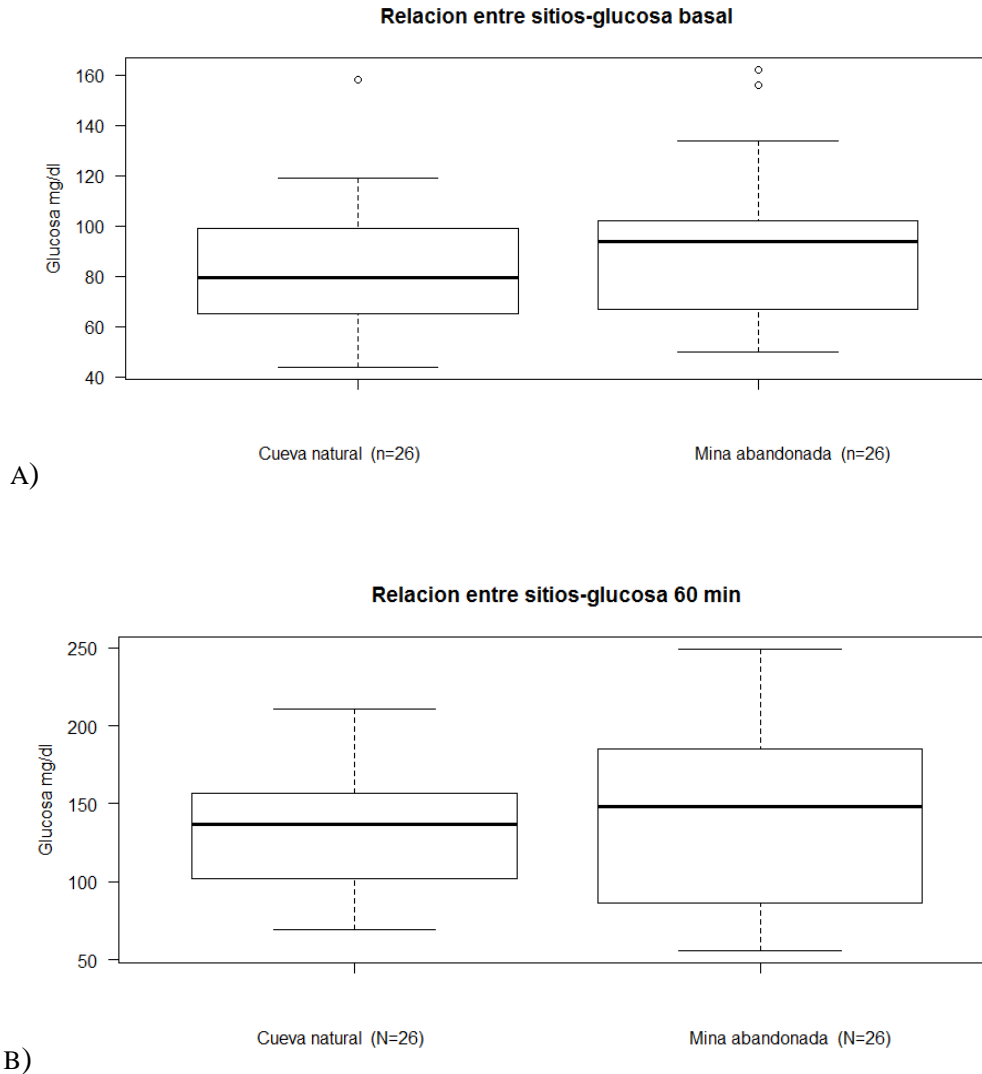


Figura 6.- Grafica donde se compara la media y la distribución de los datos de los niveles de glucosa en los dos sitios de colecta: A) Niveles de glucosa basal en la cueva natural (sitio conservado) y la mina abandonada [sitio perturbado; n=52, t de student $t(49) = -1.095$, $p = 0.2787$ (<0.05)] B) Niveles de glucosa de 60 minutos en la cueva natural [sitio conservado) y la mina abandonada (sitio perturbado; n=52, t de student, $t(45) = -0.7203$, $p = 0.4751$ (<0.05)]. No existe una diferencia significativa al comparar los niveles de glucosa por sitio de colecta.

En cuanto a los niveles de glucosa en la muestra tomada a los 60 minutos se observó un aumento estadísticamente significativo con respecto a la basal, en los dos sitios de colecta. Cueva natural

(sitio conservado; n=26, t pareada $t(25) = -7.043$, $p < 0.001$, Figura 7A); mina abandonada (sitio perturbado; n=26, t pareada, $t(25) = -5.481$, $p < 0.001$, Figura 7B).

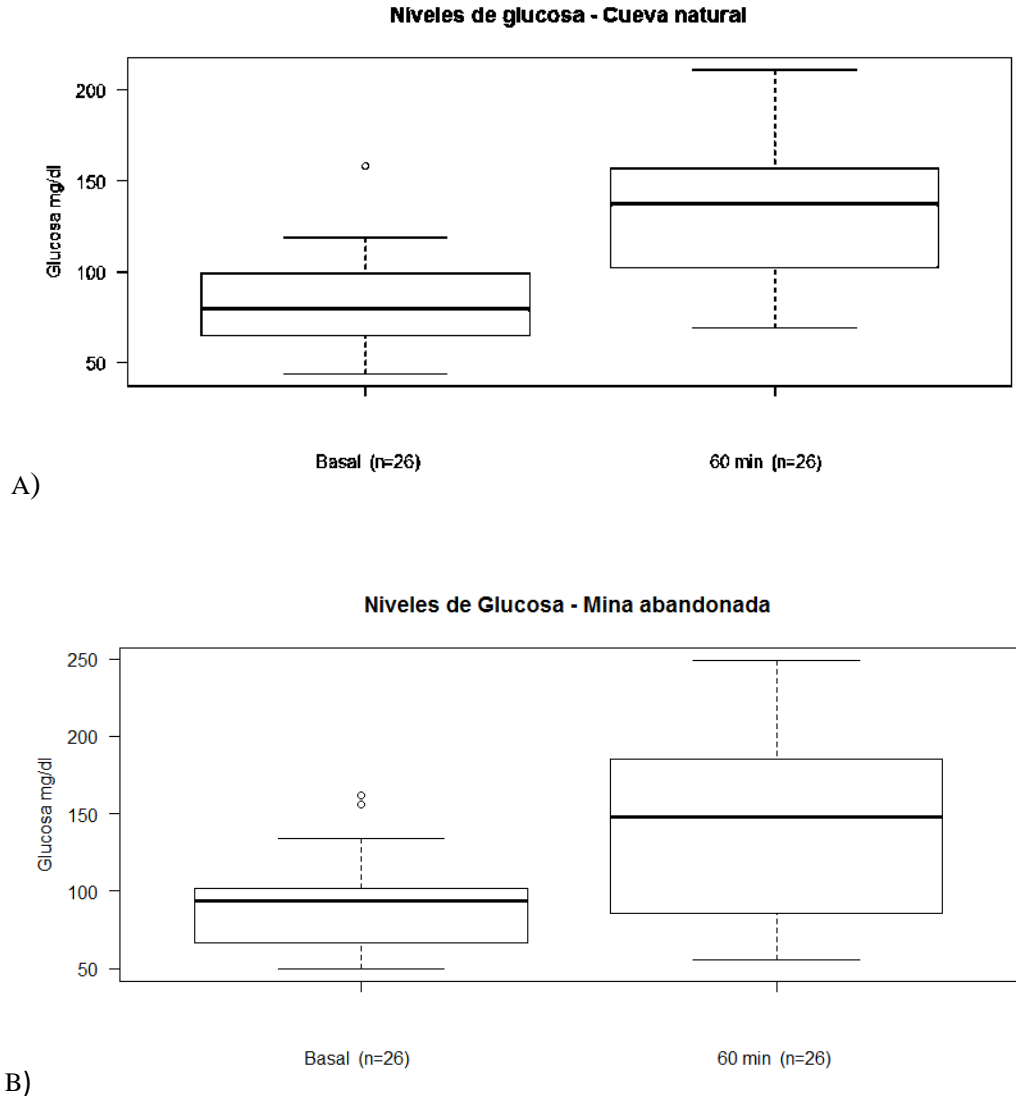


Figura 7. Graficas donde se comparan las medias y la distribución de los datos de los niveles de glucosa en los dos sitios de colecta: A) Niveles de glucosa basal y a los 60 minutos en organismos colectados en la cueva 1 (sitio conservado: n=26, t pareada, $t(25) = -7.043$, $p < 0.001$). B) Niveles de glucosa basal y a los 60 minutos en organismos colectados en la cueva 2 (sitio perturbado: n=26, t pareada, $t(25) = -5.481$, $p < 0.001$).

Tabla 2.- Media de glucosa basal y 60 min. en los sitios de colecta.

Glucosa basal	Media
Cueva 1 (sitio conservado)	81.9 mg/dl
Cueva 2 (sitio perturbado)	90.32 mg/dl
Glucosa 60 min	
Cueva 1 (sitio conservado)	134.15 mg/dl
Cueva 2 (sitio perturbado)	143.5 mg/dl

1.6.4 Helmintofauna en *M. waterhoussi*

En cuanto a la helmintofauna se registraron 4 morfoespecies; dos nematodos un cestodo y un acanthocephalo. Estas especies pertenecen a cuatro familias; Anoplostrongylinae, Trichuridae, Hymenolepididae y Gigantorhynchidae. El acanthocephalo (*Mediorhynchus sp.*) no se incluye en el análisis estadístico ya que solo se encontró un solo individuo, pero es importante mencionar que representa el primer registro para murciélagos mexicanos. Se reporta también un ectoparásito de la familia Streblidae (*Nycterophilina sp.*). En ambos sitios se encuentran presentes estos tres helmintos. En total 34 de los 52 ejemplares colectados (65.3%) estaban parasitados con al menos un helminto. Se obtuvo una mayor abundancia y prevalencia general en la cueva 2 o sitio perturbado fue de 98 helmintos y 84 % (Figura 8 y 9). Para la cueva la cueva 1 o sitio conservado el resultado fue de 37 helmintos y 46% (Figura 8 y 9).

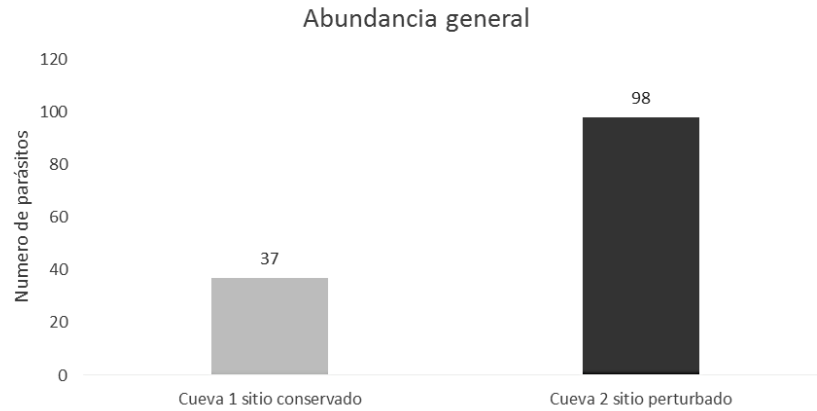


Figura 8. Histograma en donde se muestra y se compara la abundancia general de los helmintos en las dos poblaciones estudiadas.

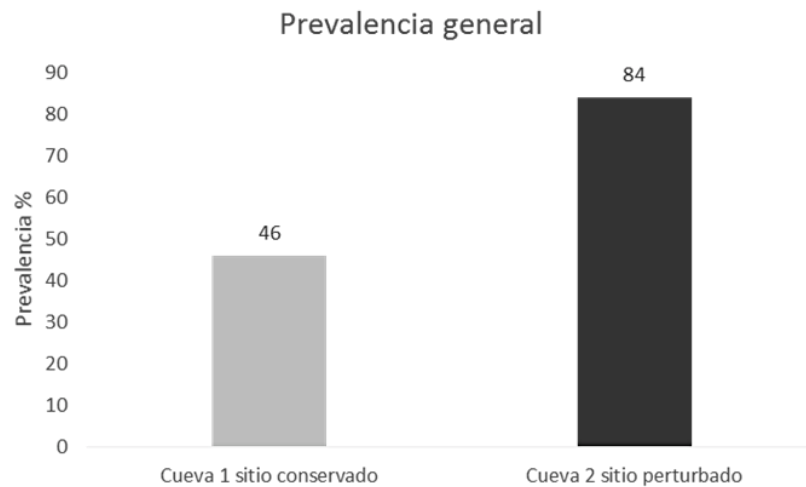


Figura 9.-Histograma en donde se muestra y se compara el porcentaje de prevalencia general de los las dos poblaciones estudiadas.

En cuanto a la abundancia prevalencia e intensidad promedio por sitio de muestreo, se observa una mayor presencia y abundancia de los helmintos en sitio perturbado; el nematodo *Torrestrogylus tetradorsalis* presentó una mayor prevalencia en el sitio perturbado de 50% respecto al sitio conservado con un 15.3 %. *Capillaria sp.* presento la menor prevalencia en ambos sitios, 26.9% en el sitio perturbado y 7.6% en el sitio conservado. *Vampirolepis macroti.* presento la mayor abundancia en el sitio perturbado con 59 individuos en relación a 27

individuos encontrados en el sitio conservado, *Capillaria sp.* fue la menos abundante con 9 individuos en el sitio perturbado y 4 individuos en el sitio conservado. En cuanto a la intensidad promedio *Vampirolepis macroti* fue mayor en el sitio perturbado (5.9 por hospedero parasitado) al igual que en sitio conservado (3 por hospedero parasitado), *Capillaria sp.* fue la menor en sitio perturbado (1.2 por hospedero parasitado) y *T. tetradorsalis* fue menor en el sitio conservado (1.5 por hospedero parasitado) (Tabla 3 y Figura 10 A, B Y C).

Tabla 3.- Registro de la caracterización de la infección de los helmintos en los sitios de muestreo.

Sitio de colecta	Morfoespecies	Prevalencia %	Abundancia	Intensidad promedio
Cueva 1 sitio conservado	<i>Capillaria sp.</i>	7.6	4	2
	<i>Torrestrongylus tetradorsalis</i>	15.3	6	1.5
	<i>Vampirolepis cf macroti</i>	34.6	27	3
Cueva 2 sitio perturbado	<i>Capillaria sp.</i>	26.9	9	1.2
	<i>Torrestrongylus tetradorsalis.</i>	50	30	2.3
	<i>Vampirolepis cf macroti</i>	38.4	59	5.9

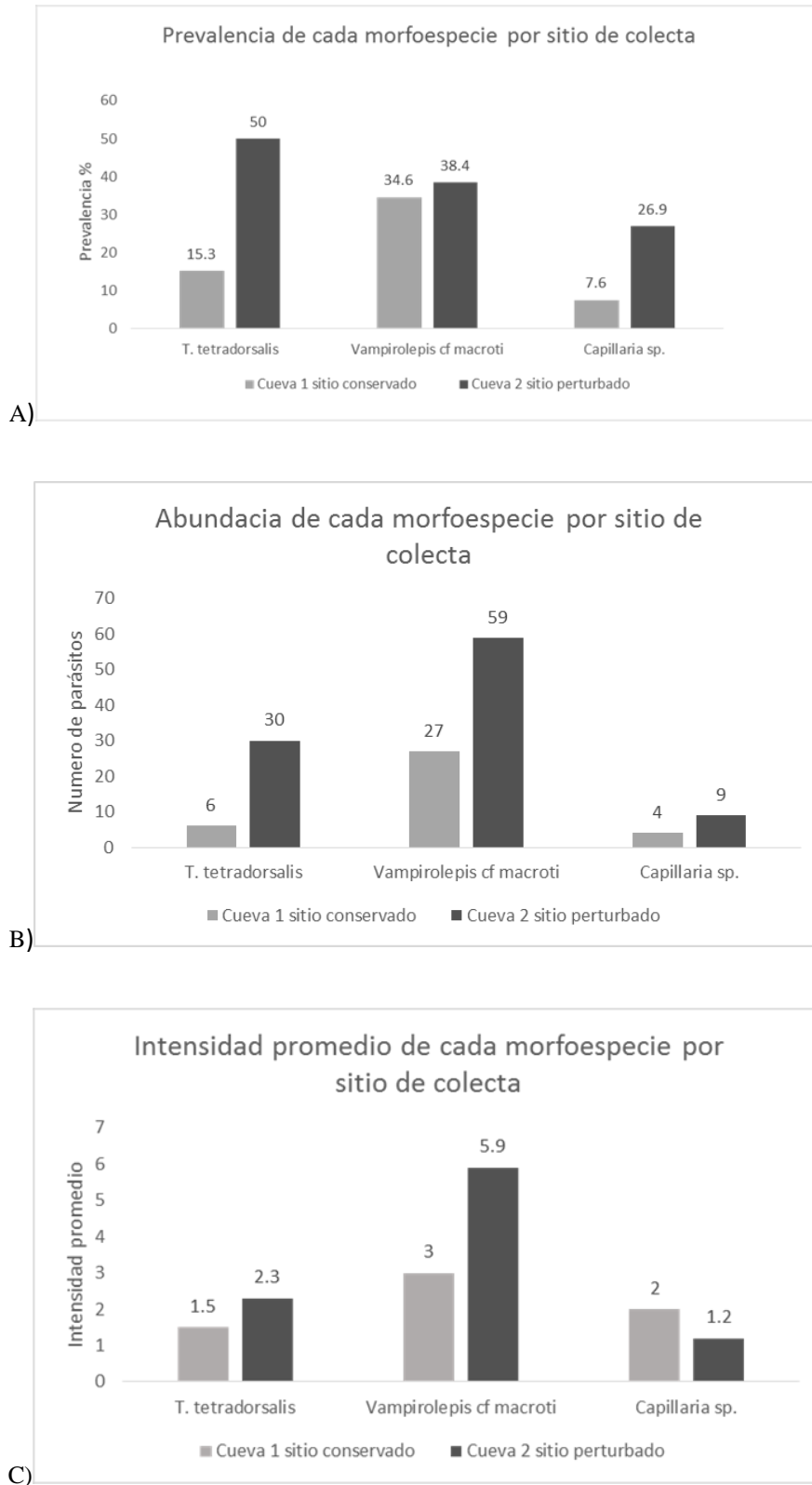


Figura 10.- Histogramas donde compara la caracterización de cada helminto en los dos refugios de colecta: A) Porcentaje de prevalencia. B) Abundancia. C) Intensidad promedio.

1.7 DISCUSION

En el área de estudio fueron identificadas cinco cuevas habitadas por seis especies de murciélagos pertenecientes a cuatro familias: *Balanptiopteryx plicata*, *Natalus stramineus*, *Dermanura azteca*, *Macrotus waterhousii* (nuestro modelo de estudio), *Pteronotus parnellii* y *Glossophaga soricina* (Anexo A1), estas cuevas naturales muestran diferencias en el número de ejemplares y en las especies que habitan en cada una de ellas, como lo menciona Torres- Flores *et al.* (2012), la selección de los sitios de percha depende de las condiciones físicas y microclimáticas del refugio además de la fisiología propia de cada especie de murciélago.

El murciélago *Macrotus waterhousii* modelo de estudio del presente trabajo, es un filostómido de hábitos cavernícolas. En el área estudiada se llegó a encontrar en cuevas naturales y minas abandonadas e incluso una población de 50 individuos en una alcantarilla. Esta especie no requiere de completa oscuridad en los refugios, pero sí de espacio amplio para volar. La temperatura de las cuevas es importante para su selección como refugios, *M. waterhousii* prefiere temperaturas cálidas que van de 29 hasta 43 °C Anderson (1969). En nuestro estudio en época de secas las temperaturas registradas dentro de las cuevas fueron de 32 a 36 °C. De las cuatro cuevas observadas, tres de ellas son solo habitadas por *M. waterhousii* y solo en una compartida con *Dermanura azteca*. En adición se observó una preferencia de *M. waterhousii* en perchar en cuevas de mayor altura, lo cual podría indicar que busca un mejor resguardo ante depredadores.

El análisis del índice corporal de *M. waterhousii* en estas dos poblaciones se relaciona con la tendencia de ganar o perder peso, debido a la disponibilidad y calidad del alimento. Como lo menciona Speakman, (2001) en un hábitat con mejores condiciones habrá mayor disponibilidad y calidad de alimento dando a los organismos mayor oportunidad de

supervivencia. En relación a la cueva del sitio perturbado y con base al menor índice corporal registrado, consideramos que las actividades producidas por la práctica de la minería han provocado una disminución importante en la calidad y cantidad de alimento al menos en una gran proporción del área de forrajeo del murciélago. La cueva cercana a la mina se encuentra en un sitio con menor cobertura vegetal, el murciélago en este sitio tiene que realizar desplazamientos de mayor distancia para encontrar su alimento que muy posiblemente este contaminado de Hierro y Cobre, productos de la mina. Habría que hacer un análisis de la presencia de este tipo de minerales, en la vegetación y aguas circundantes a la mina.

Cabe hacer notar que existen algunos trabajos que reportan que la actividad humana en algunas especies produce un efecto contrario, Allen *et al.* (2010) en su estudio del murciélago *Tadarida brasiliensis* perchando en refugios artificiales y cerca de la actividad humana presentaron menores valores de cortisol basal y una mayor índice corporal en relación a los ejemplares que midió en refugios naturales y lejos de la actividades humanas. Lo que significa según el autor que algunas especies se adaptan mejor a ambientes artificiales y presentan una mayor tolerancia a la perturbación antropogénica.

Una manera de corroborar de manera indirecta, la activación del eje hipotálamo-hipófisis anterior HPA y la liberación de glucocorticoides como el cortisol en la sangre, es la medición de niveles de glucosa. Los glucocorticoides promueven y controlan los niveles de glucosa sanguínea. Según Weidmaier y Kunz, (1993), el nivel de glucosa se considera como basal cuando es tomado máximo a los 3 minutos de captura del individuo. Después de esta toma se espera un aumento de los niveles de glucosa después de los 60 minutos de captura en respuesta al estrés agudo provocado por la captura. Al igual que lo reportado, nuestros resultados mostraron que existe un aumento significativo de la glucosa a los 60 minutos con respecto de los niveles

medidos al momento de la captura de los murciélagos. Estos resultados nos permiten sugerir el empleo de la glucosa como un bioindicador indirecto de estrés en los murciélagos cavernícolas, ante la dificultad de la toma de muestras sanguíneas. Tomando en cuenta además del bajo costo, el hecho de obtener resultados inmediatos en campo. Como se ha reportado en diversos estudios, los niveles de glucosa pueden ser tomados como un reflejo de los niveles de cortisol en la sangre de los individuos. En relación a esto, en varios trabajos se han reportado valores de cortisol mayores en poblaciones de murciélagos ubicadas en sitios perturbados (Wildmaier y Kunz, 1993; Reeder *et al.*, 2004; Rosas, 2009; Lelas, 2011).

Son pocos los estudios que han evaluado los niveles de glucosa sanguínea en murciélagos como respuesta a estrés. El primer estudio en donde se observan cambios endocrinos y metabólicos se realizó en las especies *Pteropus vampyrus*, *P. Hypomelanus* y *Rousettus aegyptiacus*, los cuales fueron estresados en cautiverio. Observaron niveles aumentados de glucosa y glucocorticoides en murciélagos después de una hora en confinamiento en comparación con la medida basal tomada a los 3 minutos de captura. Los niveles de glucosa basal en las tres especies se encontraban entre los 80 y 100 mg/dl. Particularmente en *P. Hypomelanus* los niveles de glucosa basal se midieron entre 50 – 70 mg/dl y una hora después de ser estresados y mantenidos en cautiverio aumentaba entre 80 - 140 mg/dl Wildmaier y Kunz (1993). Por otro lado, Racotta y Alvarez-Castañeda (1992) midieron la glucosa basal del murciélago filostómido *Artibeus intermedius*, las mediciones se realizaron en tres grupos sometidos a diferentes magnitudes de estrés físico, esto en condiciones de laboratorio. Los valores de glucosa basal obtenidos en el murciélago en ayunas, fueron de 33 a 70 mg/dl según el grado de manipulación física al que fueron sometidos.

En nuestro estudio la media de los valores de glucosa basal fueron de 81.9 mg/dl en sitio conservado y 90.32 mg/dl en el sitio perturbado (Tabla 2), ciertamente valores más elevados que en el caso de los dos estudios anteriormente citados. En relación a esto, cabe mencionar que los niveles de la glucosa basal dependen en gran medida también del tipo de dieta de los murciélagos. Los murciélagos insectívoros como *M. Waterhousii*, secretan una gran cantidad de la enzima trehalasa, esta enzima rompe la tehalosa (disacárido muy abundante en la sangre de los insectos) en dos moléculas de glucosa.

En relación a lo anterior, durante nuestro estudio fue posible observar que el piso de la cueva del sitio conservado, estaba cubierto de alas y patas de saltamontes (Anexo A2) el cual pertenece a la familia Tettigoniidae, es un defoliador y según los habitantes de la región no lo consideran plaga. El murciélago lo captura posando en la vegetación y se lo lleva a la cueva para alimentarse de él.

En términos generales encontramos una mayor abundancia y prevalencia de helmintos en el sitio perturbado que en el sitio conservado. *Vampirolepis cf macroti* fue la especie con mayor porcentaje de prevalencia en el sitio conservado (34.5%) y además fue la más abundante en el sitio perturbado con 59 individuos. *Torrestrongylus tetradorsalis* presento la mayor prevalencia en sitio perturbado con (50%), pero *Capillaria sp.* presento la menor prevalencia en el sitio conservado (7,6%) y en sitio perturbado con (26.9%), también fue la menos abundante con 4 y 9 helmintos correspondientemente. Estos datos nos indican que el grado de infección parasitaria y de cada parasito varía entre las dos poblaciones y que muy posiblemente sea la causa el bajo índice de condición observado en los individuos del sitio perturbado. En relación a esto es sabido, que el parásito compite por los nutrientes de los alimentos que son ingeridos por el huésped o se nutre de su sangre mientras permanece adherido a las paredes intestinales, (OMS,

2000) presentando como consecuencia malnutrición y retraso del crecimiento. (OMS, 2000). Las enfermedades parasitarias, , tienen un gran impacto en las dinámicas poblacionales de algunas especies silvestres, por lo que pueden representar una amenaza considerable para la biodiversidad.

Los factores que afectan a la intensidad parasitaria, que se han estudiado con mayor frecuencia son los relacionados con variables del hospedador, como sexo, edad, condición corporal, tamaño de grupo social; y con variables ambientales, como estación y clima. Por otro lado, pocos trabajos han estudiado el impacto de los niveles de estrés en la intensidad parasitaria de animales silvestres. Entre ellos, algunos reportaron una correlación positiva entre niveles de cortisol e intensidad parasitaria (Gaston, 2014)

De todo lo anterior se puede concluir tal y como lo menciona Gaston (2014), que el estado general de salud de animales silvestres es crucial para modular las dinámicas de infección de sus enfermedades, ya que existe un sinergismo entre la condición fisiológica, el sistema inmunológico del individuo y su susceptibilidad a contraer infecciones o infestaciones.

1.8 LITERATURA CITADA

Aguilar, A. R. 2008. Gusanos Parásitos de Fauna Silvestre. Algunas Formas de Estudio. Elementos. México. 72, 55-61.

Allen C. L., Turmelle S. A., Wildmaier P. E., Hristov I. N., Mccracken F. G. y Kunz H. T. 2010. Variation Physiological Stress Between Brigde and Cave Roosting Briazillian Free Tailed Bats. Journal Zoology. 280, 8-16. U.S.A.

Allen C. L., Turmelle S. A., Mendonca T. M., Navara J. K., Kunz H. T. y MacCracken F. G. 2009. Roosting Ecology and Variation in Adaptive and Innate Immune System Function in the Brazilian Free-Tailed Bat (*Tadarida brasiliensis*). *J Comp Physiol B*. 179: 315–323. U.S.A

Álvarez, T., S.T. Álvarez-Castañeda y López-Vidal J. C. 1994. Claves para Murciélagos Mexicanos. Co. Edición No. 2. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas., I.P.N. La Paz, Baja California Sur. 69 pp.

Álvarez-Castañeda T. S., Álvarez T., González-Ruiz N. 2015. Guía para Identificar los Mamíferos de México en Campo y Laboratorio. CIB, ENCB, UAM. 522 pp. México.

Anderson S. 1969. *Macrotus waterhousii*. Mammalian Species. The American Society of Mammalogists. No. 1: 1-4.

Apátiga C. M. C. y Núñez G. A. 2003. Claves para la Identificación Taxonómica de los Mamíferos Michoacanos. Laboratorio de Mastozoología. Facultad de Biología. U.M.S.N.H. Morelia, Mich. 70 pp.

Arias-González J. E. y Morand S. 2003. Trophic Functioning with Parasites: a New Insight for Ecosystem Analysis. *Marine Ecology-Progress Series*. 320: 43-53.

Baptista M., Monteiro A. O., Pereira A. N. R. y Bergallo H. G. 2006. Técnica para Punción Venosa en Murciélagos (Mammalia, Chiroptera). *Chiroptera Neotropical* 12 (2): 291-292.

Becerril-Flores, M. A. (2004). *Parasitología Médica: de las moléculas a la enfermedad*. Graw-Hill Interamericana Editores. México, D.F.

Caviedes-Vidal E., McWhorter J. T., Lavin R. S., Chediack G. J., Tracy R. C. y Karasov H. W. 2007. The Digestive Adaptation of Flying Vertebrates: High Intestinal Paracellular Absorption Compensates for Smaller Guts. PNAS. 104 (48): 19132-19137. USA.

Ceballos G., Arroyo Cabrales J. y A. Medellín R. 2002. Mamíferos de México. Diversidad y Conservación de los Mamíferos Neotropicales. CONABIO-UNAM. México, D.F.

Ceballos G. y O. Gisselle. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. F.C.E. CONABIO. 1986 pp.

Constanza F. C. D. 2010 Indicadores de Estrés en Equinos Sometidos a Orquictomia Tratados con Analgesia Preventiva en Base a Tramadol o Fenilbutazona. Título de Médico Veterinario. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. 35 pp. Valdivia Chile.

Cuartas C. C. y Muñoz A. J. 1999. Nematodos en la Cavidad Abdominal y el Tracto Digestivo de Algunos Murciélagos Colombianos. Caldasia 21 (1): 10-25. Medellín, Colombia.

Dietz C. y Helversen V. O. 2004. Claves de Identificación Ilustradas de los Murciélagos de Europa. Electronic Publication. Tuebingen & Erlangen. Germany. 62 pp.

ELAW (Alianza Mundial de Derecho Ambiental) 2010. Guía para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros. 1 ed. Eugene. 120 pp. USA.

Espericueta V. J C. 2012. Diversidad de Murciélagos y sus Nematodos Parásitos en el Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Guasave Sinaloa. 84 pp.

Esteban J. G., Oltra-Ferrero P. L., Botella P. y Mas-Coma S. 2006. Helminths of Quirópteros in Spain: Faunistic Spectrum and Applied Interest of its Study. Ministerio de Medio Ambiente. España. 17 pp.

Falcón-Ordaz J., Monks S., Pulido-Flores G. y Romo-Gómez C. 2013. Analysis of Heavy Metals in a Cestode of the Family Dilepididae. Estudios Científicos en el Estado de Hidalgo y Zonas Aledañas. Paper 6. 58-63.

Freitas M. B., Goulart L. S., Barros M. S., Morais D. B., Amaral T. S. y Matta S. L. P. 2010. Energy Metabolism and Fasting in Male and Female Insectivorous Bats *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae). Braz. J. Biol. 70 (3), 617-621. Brasil.

Fernandes de Almeida. M., Trezza N. J., Cotrin A. C., Fernandes B. R., Ruckert da Rosa A. y Massad E. 2014. Hematologic Profile of Hematophagous *Desmodus rotundus* Bats Before and After Experimental Infection with Rabies Virus. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 47(3), 371-373. Brasil.

Gastón M. P. 2014. Factors Associated to Gastrointestinal Parasitism in Wild Guanacos (*Guana guanicoe*). Mastozoología Neotropical. 21 (1): 187-188. Argentina

Gallina S. (ed.) 2015. Manual de Técnicas de Estudio de la Fauna. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. México. 210 pp.

González G. B. Y Escobar A. 2006. Stress and Immune System. Rev Mex Neuroci. 2006; 7(1): 30-38. México.

Hudson P., Dobson A. P. y Lafferty D. K. 2006. Is a Healthy Ecosystem One that is Rich in Parasites? Trends in Ecology and Evolution 21: 381-385.

ICF. 2012. California Leaf-Nosed Bat (*Macrotus californicus*). Mammals. Species Accounts. 17 pp.

INEGI. 2009. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Huetamo. Michoacán de Ocampo. Clave Geoestadística. 9 pp.

Lelas S. Ch. 2011. Neutrophil:Lymphocyte Ratio as a Possible Indicator of Chronic Anthropogenic Stress in Bats (Mammalia: Chiroptera). Tesis of Master of Science. Faculty of Auburn University. 40 pp.

Lewanzik D., Helm H. D., Greiner S., Dehnhard M. y Voigt C. 2012. Ecological Correlates of Cortisol Levels in Two Bat Species with Contrasting Feeding Habits. *General and Comparative Endocrinology*. 177: 104-112.

López de Lira. J. A., Berumen M. J. E., Montes T. H. E., Escobar M. F. J., Flores F. C., Perea G. V. J. Ramos B J. M. 1996. Concentración de Cortisol y Hemograma en Cabras Después de la Aplicación de Hormona Adrenocorticotropica. *Vet. Mex.* 27(3), 253-255. México.

Maldonado L. S. 2004. Prevalencia e Intensidad de Infección de Parásitos Intestinales en *Alouatta palliata* Y *Ateles Geoffroyi* En Bosque Tropical Seco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán, México. 67 pp.

Mena L. J. 2010. Respuestas de los Murciégalos a la Fragmentación del Bosque en Pozuzo, Perú. *Rev. peru. biol.* 17(3): 277-284. Perú.

Medellín L. R. 2009. Estudio para la Elaboración de Planes de Conservación y del Inventario Preliminar de Vertebrados Terrestres en las Islas Marías, Nayarit. Reporte Final.

Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología. 52 pp.

Medellín L. R. T. Arita H. y Sánchez O. 2007. Identificación de los Murciélagos de México. 2da Edición. Instituto de Ecología, UNAM. México D.F. 80 pp.

Monks S., Pulido-Flores G., Bautista-Hernández E. C., Alemán-García J. y Falcón-Ordaz J. 2013. El Uso de Helmintos Parásitos como Bioindicadores en la Evaluación de la Calidad del Agua: Lago de Tecocomulco vs. Laguna de Metztlán, Hidalgo, México. Estudios Científicos en el Estado de Hidalgo y Zonas Aledañas. Paper 6, 23-34.

Moreno G. Y. J., Patarroyo F. N. y Rodríguez R. H. 2006. El Impacto del Uso de los Indicadores Biológicos en los Estudios de Impacto Ambiental. Monografía en Especialista en Ingeniería Ambiental. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química. Bogotá. 134 pp.

NOM-033 1995. Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio Humanitario de los Animales Domésticos y Silvestres. Secretaría de Agricultura y Ganadería y Desarrollo Rural. México. 17 pp.

Núñez G. A. 2005. Los Mamíferos Silvestres de Michoacán. Diversidad, Biología e Importancia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 448 pp.

Oviedo C. M. 2009. Nematodos Parásitos de Murciélagos (Mammalia: Chiroptera) de Entre Ríos Argentina. III Jornadas de Jóvenes Investigadores CIUNT. Instituto de Invertebrados, Fundación Miguel Lilo CIUNT. 15 pp. Argentina

Patterson D. B., Dick W. C. y Dittmar, K. 2007. Roosting Habits of Bats Affect their Parasitism by Bat Flies (Diptera: Streblidae). *Journal of Tropical Ecology*. 23, 387-396.

Poulin R. y Morand S. 2000. The Diversity of Parasites. *The Quarterly Review of Biology*. 75: 277- 293.

Poulin R. y Morand S. 2004. *Parasity Biodiverety*. Smithsonian Institution. Press. Washington. D. C.

R Core Team (2016) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Racotta D. I. S. y Álvarez-Castañeda T. S. 1992 Blood Glucose and Body Temperatura in *Artibeus intermedius* (Chiroptera, phyllostomidae). *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Mex* 37, 133-139.

Reeder M. D., Kunz H. T. y Widmaier P. E. 2004. Baseline and Stress-Induced Glucocorticoids During Reproduction in the Variable Flying Fox, *Pteropus hypomelanus* (Chiroptera: Pteropodidae). *Journal of Experimental Zoology* 301a:682–690. USA.

Romero M. L., Dickens J. M. y Cyr E. N. 2009. The Reactive Scope Model A new Model Integrating Homeostasis, Allostasis, and Stress. *Hormones and Behavior* 55, 375–38. USA.

Romero P. H. M., Uribe-Velásquez L. F., Sánchez V. J. A., 2011. Biomarcadaores de Estrés como Indicadores de Bienestar Animal en Ganado de Carne. *Biosalud* 10(1), 71-87.

Rosas C. F. P. 2009. Estresse nos Morcegos *Artibeus obscurus* e *Artibeus Frimbiatus* (Chiroptera, Phyllostomidae) como Resposta à Perturbação Ambiental. Mestre en Ciências Biológicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Instituto de Biociências – Rio Claro. 61 pp. Brasil.

Sanchez O. y Wilson E. D. 2016. Food Items of *Macrotus Waterhousii* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Central Mexico. *Therya* Vol. 7(1). 161-177.

Scheneberger K., Czirják A. G., Voigt C. C. 2013. Measures of the Constitutive Immune System Are Linked to Diet and Roosting Habits of Neotropical Bats. *Plos One* 6 (1). E54023.

Silva T. G. 1979. Los Murciélagos de Cuba. Ed. Academia de Ciencias en Cuba. Habana, Cuba. 423 pp.

Speakman, J. R. 2001. Body Composition Analysis of Animals: a Handbook of Non-Destructive Methods. Speakman, J. R. (Ed.) Cambridge University Press. pp. 1-7. New York, USA.

Suzan A. G., Galindo M. F. y Ceballos G. G. 2000. La Importancia del Estudio de Enfermedades en la Conservación de la Fauna Silvestre. *Vet. Mex.* 3(31): 223- 20 UNAM. DF. Mexico.

Tlapaya-Romero L., Horvath A., Gallina-Tessaro S., Naranjo J. E. y Gomez B. 2015. Prevalencia y Abundancia de Moscas Parasitas Asociadas a una Comunidad de Murciélagos Cavernícolas en La Trinitaria, Chiapas, México. *Revista Mexicana de la Biodiversidad.* 86: 377-385.

Thomás F. y Guégan R. F. 2005. *Parasitism and Ecosystems.* Oxford University Press. Londres.

Torres F. J. W. 2005. Estructura de una Comunidad Tropical de Murciélagos Presentes en la Cueva “El Salitre”, Colima. México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Colima, México. 124 pp.

Torres-Flores J. W., López-Wilchis R. y Soto-Castruita A. 2012. Dinámica Poblacional, Selección de Sitios de Percha y Patrones Reproductivos de Algunos Murciélagos Cavernícolas en el Oeste de México. *Rev. Biol. Trop.* 60 (3): 1369-1389.

Tsigos C. y Chrousos G. P. (2002). Hypothalamic Pituitary-Adrenal Axis, Neuroendocrine Factors and Stress. *Journal of Psychosomatic Research.* 53: 865-871.

Warneck L., Turner M. J., Bollinger K. T, Misra V., Cryan M. P., Blehert S. D., Wibbelt Gudrun y Willis R. K., 2014. Pathophysiology of White-Nose Syndrome in Bats: A Mechanistic Model Linking Wing Damage to Mortality. *Biol. Lett.* 9. 6 pp. Germany.

Widmaier P. E., Harmer L. T., Sulak M. A. y Kunz H. T. 1996. Further Characterization of the Pituitary-Adrenocortical Responses to Stress in Chiroptera. *The Journal of Experimental Zoology* 269, 442-449. U.S.A.

Widmaier P. E. y Kunz H. T. 1993, Basal Diurna, and Stress-Induced Levels of Glucose and Glucocorticoids in Captive Bats. *The Journal of Experimental Zoology.* 265: 533-540. U.S.A.

Capítulo 2. Helmintos del murciélago *Macrotus waterhousii* (Chiroptera: Phyllostomidae) en dos refugios de selva baja caducifolia en el municipio de Huetamo Michoacán, México.

RESUMEN

En el presente trabajo se identificaron los helmintos en el murciélago *Macrotus waterhousii* (Gray, 1843) en dos refugios de selva baja: una cueva natural y una mina abandonada en el municipio de Huetamo Michoacán México. Se registraron cuatro taxones: *Capillaria sp.* y *Mediorhynchus sp.* como nuevos registros, además de la presencia *Vampirolepis cf macroti* como nuevo registro de cestodo en México. En adición, *Torrestrongylus tetradorsalis* se registra por segunda vez desde su descubrimiento.

2.1 INTRODUCCIÓN

El entender la diversidad de endoparásitos en murciélagos puede proporcionar información sobre ecología, sistemática, biogeografía y evolución de los murciélagos como hospederos. Los murciélagos son parasitados por una amplia variedad de animales que pueden ser tanto endoparásitos como ectoparásitos; dentro del grupo de endoparásitos encontramos a los helmintos que incluyen diversos filos de gusanos parásitos como a los nematodos, platelmintos, acantocéfalos y anélidos, (Klimpel y Mehlhorn, 2014).

Sin olvidar además la estrecha coevolución del parásito y el huésped, donde el parásito ha perfeccionado un mutuo intercambio de información genética que le ha permitido adaptarse mejor para evadir las defensas inmunológicas del huésped (Martínez y Cordero, 1999).

Es por lo anterior que como parte del presente trabajo se pretendió aportar información sobre la biodiversidad de helmintos parásitos en la especie *Macrotus waterhousii* especie

característica del Bosque Tropical Caducifolio de la zona de Tierra Caliente en el estado de Michoacán.

2.2 ANTECEDENTES.

En México el estudio de helmintos en murciélagos comenzó a principios de los años 40s (Ubelaker *et al.*, 1977). Sin embargo, los estudios de la helmintofauna asociada a los murciélagos son escasos siendo la mayoría de esto de carácter taxonómico. Por otro lado, según los especialistas se considera que la helmintofauna en los quirópteros es altamente específica (Espericueta, 2012).

En cuanto a nuestra especie de estudio en el anexo A1 se enlista los registros helmintológicos que se tiene del murciélago *Macrotus waterhousii* hasta la fecha. Cabe mencionar además que la caracterización de la helmintofauna en este murciélago solamente se ha realizado en México y Cuba. En la lista se reportan 11 morfoespecies de los cuales 8 son registros para México.

2.3 METODOLOGIA

Los detalles de la captura y sacrificio de los murciélagos se describen en la sección de la metodología del capítulo 1.

2.3.1 Preparación de los helmintos.- Fue extraído el intestino y el estómago de los murciélagos colectados. Los órganos fueron separados en cajas Petri, posteriormente se disecaron para obtener los helmintos, los cuales se lavaron para su posterior relajación, estiramiento y transporte al laboratorio. Su preparación se realizó de la siguiente manera (Lamothe, 1997; Gardner y Jiménez-Ruiz, 2009):

a) Trematodos.- Se colocaron en cajas Petri con agua caliente durante un minuto, después se colocaron en viales con alcohol al 70%.

b) Nematodos.- Se les vertió alcohol hirviendo durante un minuto, después se colocan en viales con alcohol al 70%.

c) Cestodos y acantocéfalos se dejaron en viales con agua corriente o en refrigeración, una noche después se colocaron en viales con alcohol al 70%.

Posteriormente en laboratorio los platelmintos (cestodos y trematodos) y acantocéfalos se tiñeron con la técnica de Paracarmín de Meyer según el siguiente protocolo recomendado por Lamothe (1997).

a) El parásito se colocó en un portaobjetos y se le colocó unas gotas de fijador de Bouin, y se aplana ligeramente con otro portaobjeto y se fija durante 24 horas, se le agrego suficiente colorante para evitar que se seque.

b) Con un pincel se desmonta el parasito sin que se rompa y se colocó en una caja Petri con alcohol al 70%.

c) Se lavaron en alcohol al 70% hasta que queden libres del color amarillo del líquido de Bouin.

d) Después de lavaron con alcohol al 96%, dos cambios de 10 minutos cada uno.

e) Se Tiñeron con Paracarmín de Meyer durante 8 a 10 minutos.

f) Se Lavaron con alcohol al 96% para quitar el exceso de colorante durante 5 minutos.

- g) Se diferenciaron con alcohol acidulado al 2% con ácido clorhídrico, hasta que los bordes del gusano queden blancos y los órganos internos teñidos.
- h) Se lavaron con alcohol al 96% por dos minutos para parar la reacción.
- i) Se aclararon con salicilato de metilo no más de 15 minutos.
- j) Se Montan en Bálsamo de Canadá, el parásito debe quedar en el centro de la preparación en posición ventral.

Los nematodos fueron preparados de la siguiente manera:

- a) Se colocaron en solución aclarante como liquido de Lent o glicerina por varios minutos.
- b) Una vez aclarados se colocó en un portaobjetos limpio entre dos calcitas de cartón y se le coloco encima un portaobjetos evitando que se aplanaran demasiado.

Una vez montados, para la descripción de cada helminto se tomaron fotografías y medidas de sus estructuras con el Microscopio AmScope B690C-PL, empleando la cámara digital para microscopio AmScope MU1000 y el software AmScope 3.7. Las medidas fueron tomadas en milímetros.

2.3.2 Identificación taxonómica.- Se emplearon claves dicotómicas para la identificación de las morfoespecies de parásitos encontrados (Petrochenko, 1958; Amin, 1987; Schmidt, 2000; Anderson et al., 2009; Santos y Gibson, 2015). Los helmintos fueron depositados en el Laboratorio de Parasitología de la Facultad de Biología de la UMSNH.

Se clasificaron los helmintos de acuerdo al comportamiento de su ciclo de vida en alogénicas y autogénicas, se determina que aquellas especies que desarrollan alguna fase del

ciclo en ectoparásitos, insectos u otro hospedero intermediario, donde se desplaza el parásito se le conoce como especies alogénicas, y aquellas que cierran su ciclo de vida en el ecosistema donde se desarrolla el hospedero intermediario son autogénicas (Aguilar, 2008)

2.4 RESULTADOS

Identificación de los helmintos

Se muestra una descripción detallada de los helmintos registrados en la especie de estudio al igual que el único ectoparásito encontrado, resaltando las características morfológicas que permitieron su identificación taxonómica. Las fotografías fueron tomadas por el autor de este trabajo.

2.4.1 Identificación de los helmintos

2.4.1a.- *Vampirolepis cf macroti*.

Phylum.- Platyhelminthes (Gegenbaur, 1859)

Clase.- Cestoda (Rudolphi, 1808, Carus, 1885)

Orden.- Cyclophyllidea (Beneden, 900)

Familia.- Hymenolepididae (Raillet, 1900)

Localización.- Intestino delgado.

Intervalo de intensidad: 1 - 34

Descripción.- Basada en dos especímenes de un total de 86 individuos recolectados.

Vampirolepis cf macroti posee un cuerpo alargado y aplanado dorsoventralmente. En estos se distingue el escólex, el cuello y el estróbilo, (Clarke, 2008). Son de pequeña longitud,

los individuos colectados miden 3.6 de largo. Escolex grande y bien notorio, de 0.32 de largo por 0.37 de ancho, posee cuatro ventosas con un diámetro de 0.11 (Figura 11A). El róstelo armado mide de 0.06 de largo y está armado con aproximadamente 30 ganchos de tipo fraternoide con una longitud de 0.030 (Figura 11B), mango ligeramente curvado, guarda más grande que la hoja y de textura ligeramente gruesa al inicio adelgazándose a medida que se acerca a su extremo final el que termina en punta roma; la hoja, a comparación del mango y la guarda, es corta, curvada y puntiaguda. Cuello largo 1.16 por 0.16. Proglótidos ligeramente craspedotes, más anchos que largos y en maduración progresiva, los proglótidos maduros miden 0.17 de largo por 0.43 de ancho (Figura 11C). Con tres testículos ovalados, dispuestos uno en posición polar y dos antipolares. (Zdzitowiecki y Rutkowska, 1980; Vaucher, 1992; Vargas *et al.*, 2009).

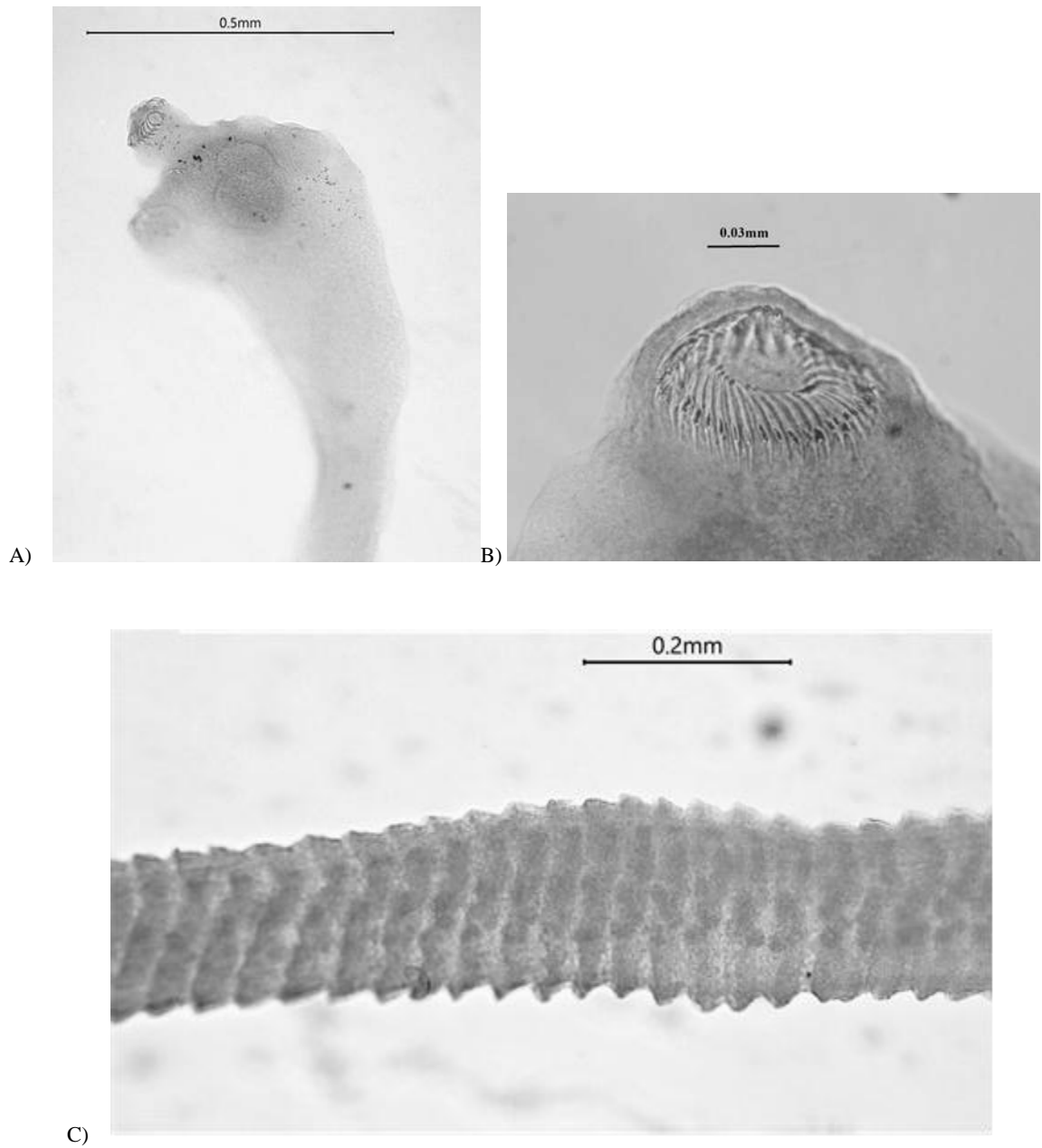


Figura 11.- *Vampirolepis cf. macroti*. A) Escólex. B) Róstelo. C) Proglótidos maduros.

2.4.1b.- *Torrestrongylus tetradorsalis*.

Phylum.- Nematoda (Cobb, 1919)

Clase.- Secernentea (Doufherly, 1958)

Orden.- Rhabditida (Chitwood, 1933)

Familia.- Anoplostrongylinae (Chandler, 1938)

Localización.- Intestino delgado

Intervalo de intensidad: 1 - 7

Descripción.- Basada en dos hembras de 36 individuos recolectados.

En el género se reconocen dos especies: *T. torrei* y *T. tetradorsalis*. Esta última fue descubierta por Caspeta-Mandujano *et al.* (2015) quienes la encontraron en *Macrotus waterhousii* en “Sierra de Huautla” Morelos México. *T. tetradorsalis* son pequeños nematodos con una longitud del cuerpo de 8 y un máximo de ancho de 0.19, la vesícula cefálica de 0.065 de largo por 0.130 de ancho (Figura 12A). Ala cervical ausente en machos y hembras. Las espículas son bifurcadas en los machos. Este nematodo presenta un synlophe armado con 32 a 33 anillos en la mitad del cuerpo. Anillos continuos de igual tamaño, la vesícula cefálica está dividida en dos, la parte anterior en forma de sombrilla con dos pliegues cuticulares laterales. El largo del esófago mide 0.53. La vulva en hembras se encuentra a 5.55 del final de la porción anterior del cuerpo (Figura 12C). El estoma es pequeño, triangular con una proyección dorsal hacia el interior. La cola en machos es una bursa sub simétrica, en hembras es cónica con tres procesos terminales cuticulares con una longitud de 0.08 (Figura 12B). Huevos embrionados ovoides de 0.04 de largo por 0.03 de ancho (Figura 12D). (Caspeta-Mandujano *et al.*, 2015).

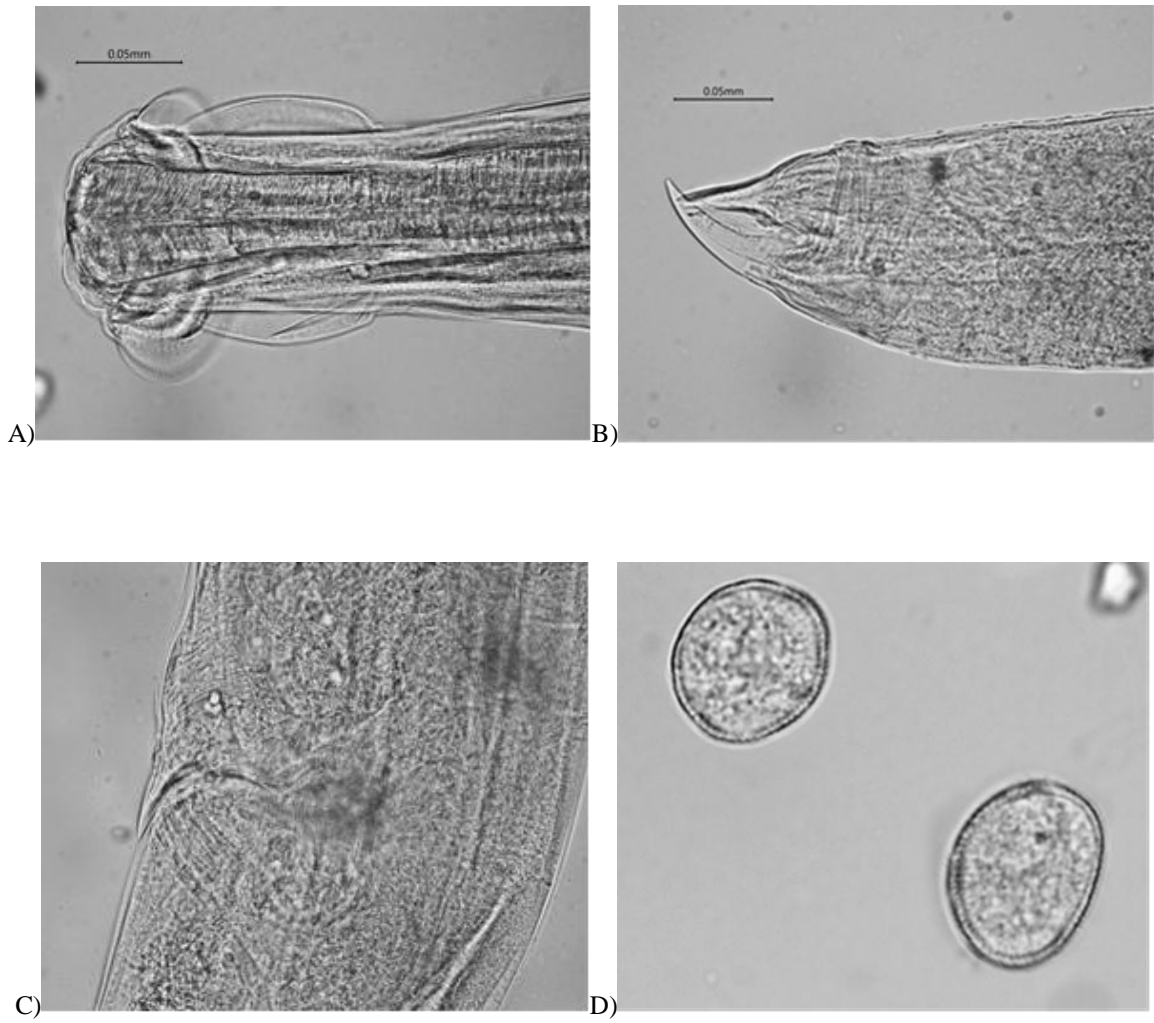


Figura 12.- *Torrestrongylus tetradorsalis*., A) Región cefálica. B) Cola. C) Vulva. D) Huevos embrionados.

2.4.1c.- *Capillaria sp.*

Phylum.- Nematoda (Cobb, 1919)

Clase.- Adenophorea (Chitwood, 1958)

Orden.- Trichocephalida (Skrjabin y Schul'ts, 1938)

Familia.- Capillariidae (Railliet, 1915)

Localización.- Intestino delgado

Intervalo de intensidad: 1 - 3

Descripción.- Basada en dos hembras de 12 individuos recolectados.

El género *Capillaria* son parásitos de una gran variedad de vertebrados incluidos los mamíferos, tienen un cuerpo filiforme, con una longitud de 12.8 y un máximo de ancho de 0.11. La cutícula posee bandas bacilares en la cara dorsal, ventral o lateral. El esófago es largo, ligeramente más grueso en el extremo posterior. En los especímenes revisados el esófago mide 4.37 de longitud del cual 0.33 está descubierto por el esticosoma en el extremo anterior (Figura 13A). El esticosoma tiene una longitud total de 4.04. Esticocitos presentes con un número mayor de 200 alineados en una sola fila (Figura 13C). EL generó *Capillaria* pueden o no tener membranas caudales o estructuras a una bolsa copulatriz; la espícula siempre está presente, la bolsa de la espícula puede o no tener espículas. Parte posterior redondeado, el ano es terminal (Figura 13F). En hembras la vulva presenta los labios levantados, localizada a 0.05 del esófago (Figura 13B). Las hembras son ovíparas y los huevos son ovales dispuestos en dos filas en el útero de superficie suave con dos tapones proteicos prominentes de 0.06 de largo por 0.04 de ancho, el grueso de la pared es de 0.0023 (Figura 13D) (Quiroz, 1990; Anderson *et al.*, 2009).

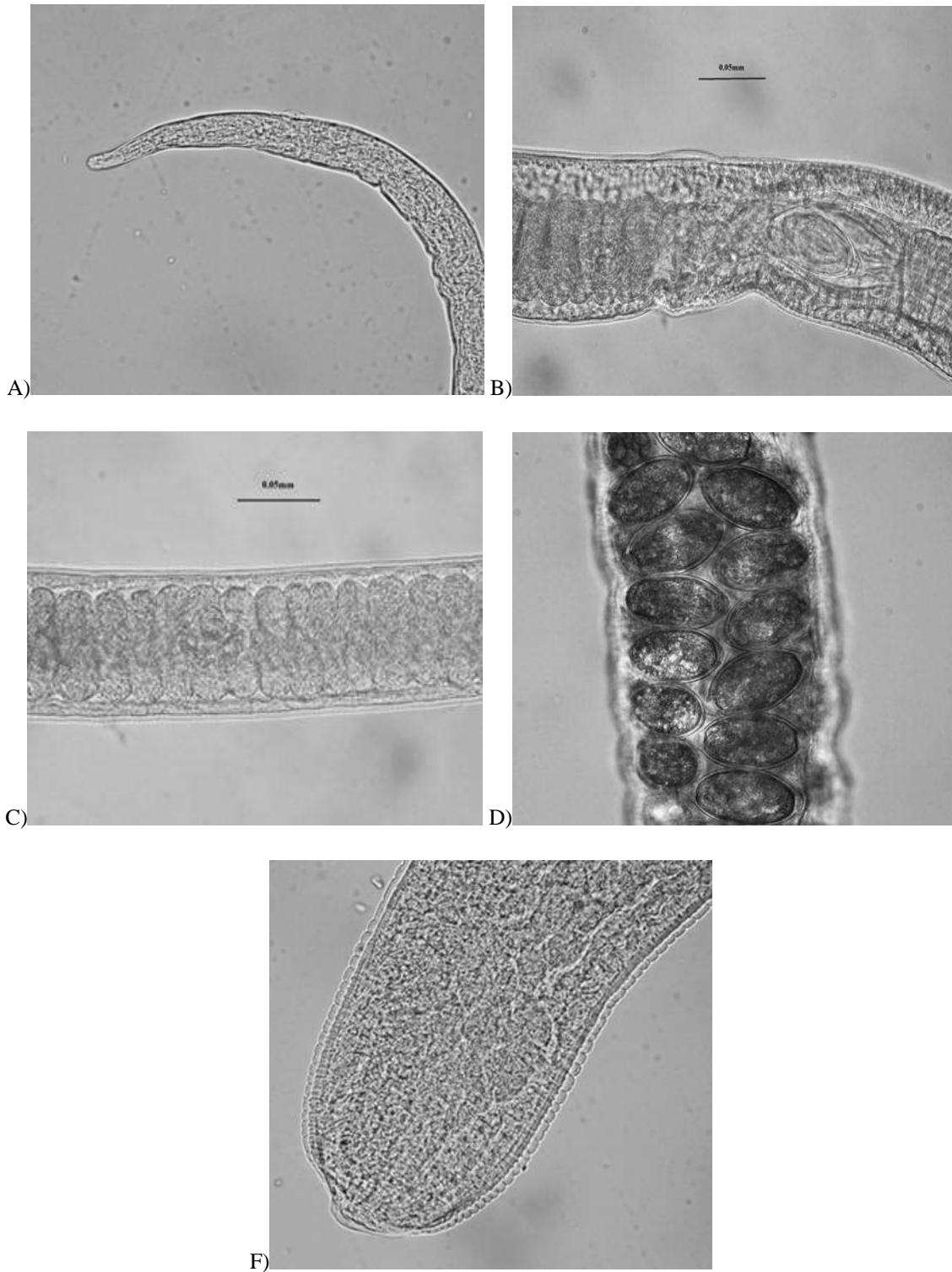


Figura 13.- *Capillaria sp.*, A) Región anterior. B) Vulva. C) Esticocictos. D) Huevos embrionados dispuestos en dos filas en el útero. F) Región posterior.

2.4.1d.- *Mediorhynchus sp.*

Phylum.- Acanthocephala (Koelreuter, 1771)

Clase.- Archiacanthocephala (Meyer, 1931)

Orden.- Gigantorhynchida (Southwell and Macfie, 1925)

Familia.- Gigantorhynchidae (Hamann, 1892)

Localización.- Intestino delgado

Descripción.- Basada de un único ejemplar recolectado de un macho adulto en la cueva 2.

Mediorhynchus sp. representa el primer registro del pylum Acanthocephala encontrado en un murciélago en México. El ejemplar se encuentra en etapa de cistacanto (forma juvenil e infectante). El tronco es aproximadamente cilíndrico-oval. Presenta núcleos en forma dendrítica de gran tamaño. El cistacanto de *Mediorhynchus sp* tiene una longitud de 1.55 y un máximo de ancho de 0.31. El cistacanto como en el adulto se reconoce una probóscide en forma de cono, truncado en el punto anterior con una longitud de 0.23 y ancho de 0.11 (Figura 14A). La probóscide en la región posterior se compone de espinas tiene una longitud de 0.11 y un ancho de 0.14. Los ganchos de la probóscide en la región anterior se encuentran en posición espiral dispuestos en 14 filas longitudinales, con 11 a 12 ganchos en cada una. (Figura 14B) (Petrochenko, 1958; Amin, 1987).

A)



B)

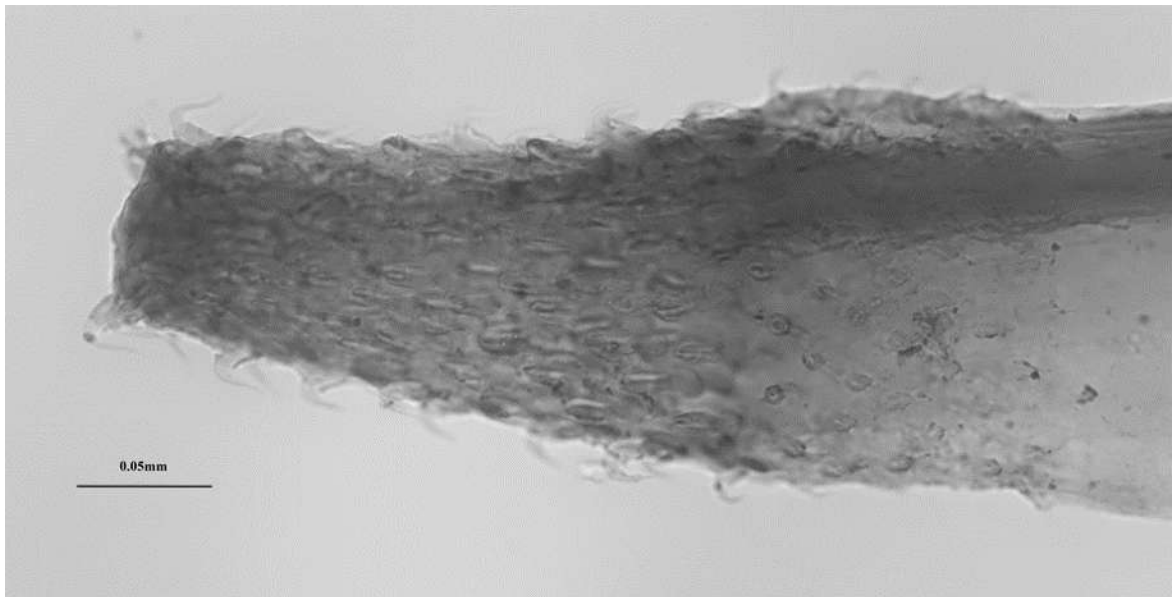


Figura 14.- *Mediorhynchus sp.*, A) Cistacanto. B) Probóscide.

2.4.1e.- *Nycterophilia* sp.

Phylum.- Arthropoda (Von Siebold, 1848)

Clase.- Insecta (Linnaeus, 1758)

Familia.- Streblidae (Kolenati, 1863)

Subfamilia.- Nycterophiliinae (Wenzel, 1966)

Localización.- Se encontró en todo el pelaje del murciélago.

Promedio de infección.- De tres a seis individuos por cada murciélago.

Descripción.- Basada en dos ejemplares de tres individuos colectados.

El género *Nycterophilia* son mosquitas parasitarias exclusivamente de murciélagos que perchan en cuevas cálidas con una temperatura entre 28 a 40 °C y una humedad relativa que no exceda de 90% (Morse *et al.* 2012). Presentan un cuerpo marcadamente comprimido en forma lateral, tres pares de patas bien desarrolladas, espinas corporales y uñas tarsales curvadas, antenas con dos segmentos visibles; la arista es de forma poco simétrica (Figura 15A). Alas bien desarrolladas poseen una escotadura distal y ocho venas longitudinales representadas por hileras de espinetas (Figura 15B) (Jirón y Fallas, 1974). Depositán larvas de tercer estadio que pupan de inmediato en el refugio hasta que eclosionan y buscan un murciélago para parasitar (Morse *et al.*, 2012).

A)



B)

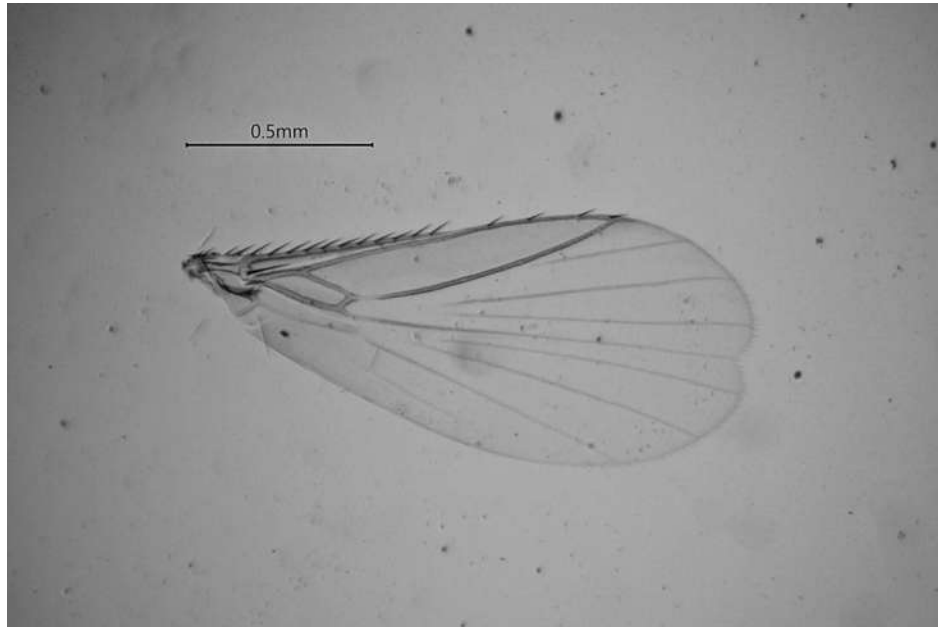


Figura 15- A) *Nycterophilia* sp. B) *Ala*.

2.5 DISCUSIÓN

En cuanto a los helmintos que parasitan al murciélago a excepción del acantocéfalo los taxones a nivel de género han sido registrados para los murciélagos filostomidos en México. (Clarke, 2008; Caspeta-Mandujano *et al.*, 2015; Jiménez *et al.*, 2017).

Vampirolepis cf macroti es un nuevo registro de cestodo en México y el segundo registro que se tiene para *Macrotus waterhousii*. Zdzitowiecki y Rutwoska en 1980 en Cuba registro *Vampirolepis macroti* por primera vez en *Macrotus wartehousii* siendo el único registro que se tenía del cestodo hasta Francisca (2016) donde registra una especie parecida en el murciélago *Eptesicus furinalis* en Argentina. Las características morfométricas para su identificación son en base al número y tamaño de los ganchos. *V. macroti* presenta entre 29 y 34 ganchos de 28 a 30 micras de largo en el escólex (Zdzitwiecki y Rutkowska, 1980). En nuestros ejemplares contamos 30 ganchos que midieron 0.030 mm (30 micras). Debido a esto consideramos que el espécimen estudiado pertenece a esta especie quedando pendiente la observación de la posición de los testículos; un testículo polar y dos antipolares, carácter que no se observó claramente debido a que los proglótidos se encontraban en proceso de maduración.

En México se han registrado cuatro especies de *Vampirolepis* en murciélagos (Lamothe *et al.*, 1997 Clarke, 2008; García-Prieto *et al.*, 2012; Jiménez *et al.*, 2017), cuyas características son similares pero se diferencian por los ganchos: *Vampirolepis artibei* encontrado en *Dermanura phaeotis* en los Tuxtlas Veracruz, presenta de 20 a 23 ganchos con una longitud de cada uno de 0.019-0.020 (Zdzitowiecki y Rutkowska 1980). *Vampirolepis elongatus* fue registrado en *Artibeus jamaicensis* y *Pteronotus davyi* en Jalisco y Veracruz; *Mormoops megalophylla* en Veracruz; *Balantiopteryx plicata*, *Dermanura azteca*, *Leptonycteris yerbabuena*, *Mormoops megalophylla* y *Glossophaga soricina* en Morelos. Este cestodo

presenta de 26 a 32 ganchos, midiendo de 0.017 – 0.018 (Rego, 1962). *Vampirolepis decipiens* encontrado en *Tadarida brasiliensis*, *Pteronotus parnellii*, *Balantiopteryx plicata*, *Mormoops megalophylla*, *Natalus mexicanus* y *Myotis verifer* en Morelos. Según Zdzitowiecki y Rutkowska (1980) presenta entre 38 y 44 ganchos mientras que Vaucher (1986) asegura son 37 a 41 ganchos de 0.022 – 0.026. *Vampirolepis gerstchi* encontrado en *Macrotus waterhousii*, *Mormoops megalophylla* y *Pteronotus parnellii* en Morelos presenta de 35 a 41 ganchos midiendo de 0.026 a 0.029 según Macy (1947).

Capillaria sp representa también un nuevo registro para *Macrotus waterhousii*, este es un nematodo de cuerpo filiforme, comúnmente encontrado en vertebrados. En México se reportó *Capillaria palmata* en *Tadarida brasiliensis* en Morelos; *Capillaria sp* se registra en *Desmodus rotundus* en Yucatan y Morelos; en *Mycronycteris microtis* en Yucatán, también se registra en *Pteronotus davyi* y *Pteronotus personatus* en Veracruz. Espericueta (2012) registra nematodos de la familia Capillariidae en murciélagos colectados en la región de la meseta de Sinaloa, sin especificar los hospederos parasitados (Ubelaker et al., 1977; Clarke, 2008; Espericueta, 2012; Jiménez et al., 2017). Las características que permitieron diferenciar el género *Capillaria* es la ausencia del ala caudal en machos en comparación de otros géneros de la familia, además en las hembras como en machos el cuerpo es visiblemente diferenciado por la región anterior constituida por el esófago y una mitad posterior donde se encuentran los órganos sexuales (Anderson et al., 2009, Santos y Gibson, 2015; Francisca, 2016).

Torrestrongylus tetradosalis es una nueva especie de nematodo registrado por Caspeta-Mandujano et al. 2015 en el murciélago *Macrotus waterhousii* en ejemplares recolectados en la Reserva de Biosfera “Sierra de Huautla” Morelos México, siendo nuestro estudio el segundo registro que se tiene del nematodo parasitando además al mismo murciélago. Antes de eso el

género *Torrestrongylus* solo se conocía una especie *T. Torrei* que se registró por Pérez-Vigueras (1935) en Cuba que también lo encontró parasitando al murciélago *Macrotus waterhousii*.

Para diferenciar *T. tetradorsalis* en relación a *T. torrei* se hizo con base en la región cefálica, *T. torrei* presenta más corta la región posterior de la región cefálica a diferencia de *T. tetradorsalis*, la forma de las espículas; son trifurcadas en *T. torrei* y bifurcadas en *T. Tetradorsalis*. Además en nuestro estudio las medidas morfométricas coinciden con las realizadas por Caspeta-Mandujano *et al.* 2015. Siendo *T. tetradorsalis* de mayor tamaño que *T. Torrei*.

Es importante mencionar que el autor sugiere que *T. tetradorsalis* hasta la fecha solo se restringe al murciélago *Macrotus warterhousii* en el centro de México. Este estudio confirma esta teoría, pero también sugiere que la distribución del murciélago y la presencia de otras familias de murciélagos podrían ampliar los huéspedes que podría parasitar. En nuestro estudio por la cercanía que tiene con otros murciélagos al compartir los mismos refugios, es posible que también se presente este nematodo sobre todo con los murciélagos *Dermanura azteca*, *Balantiopteryx plicata* o *Pteronotus parnellii* con los cuales comparten sitios de percha.

El hallazgo del acantocéfalo *Mediorhynchus sp.* representa el primer registro de un acantocéfalo en un murciélago mexicano. El género se ha encontrado en varias familias de aves silvestres en diferentes tipos de hábitats a nivel mundial. En México se registra a *Mediorhynchus emberizae* parasitando al “garrapatero pijuy” *Crotophaga sulcirostris* en Puebla y a *Mediorhynchus sp.* parasitando al “zanate” *Quiscalus mexicanus* en Nuevo León. (García-Prieto *et al.*, 2010; Lamothe *et al.*, 1997). No fue posible la identificación específica debido a que no hay registros previos de acantocéfalos para murciélagos mexicanos (García-Prieto *et al.*, 2010; García-Prieto *et al.*, 2014; Jiménez *et al.*, 2017) además solo se encontró un ejemplar, en el cual

no fue posible la ubicación de diversos caracteres taxonómicos indispensables por estar en una fase juvenil de desarrollo. Esto abre la interrogante de si este acantocéfalo puede desarrollar la fase adulta en el intestino del murciélago. Aun así su hallazgo representa un registro nuevo. La identificación genérica se basó en Amin (1987) y Petrochencko (1958)

El acantocéfalo se encontró en etapa de cistacanto en el murciélago, es una etapa juvenil e infectante que se desarrolla en un hospedero intermediario, en este caso lo más probable sea un insecto terrestre, un escarabajo o una cucaracha el cual ingiere los huevos del suelo, y en el intestino de mismo se desarrolla tres fases primero en el huevo se desarrolla la etapa de acantor, posteriormente rompe el huevo y luego la pared intestinal con sus ganchos y se desplaza a la hemolinfa ahí se transforma en acantela y por último en cistacanto, el murciélago ingirió el insecto en esta etapa infectante, posteriormente se transforma en adulto en el intestino del murciélago (Cruz y Camargo, 2001) . Al encontrarse en esta etapa se sugiere que recientemente el murciélago ingirió el insecto antes de desarrollarse en adulto.

En los nematodos *T. tetradorsalis* y *Capillaria sp.* se observó una muy marcada prevalencia de hembras en los dos sitios de muestreo. Esto pudiera tener su explicación en que cuando la prevalencia o intensidad de infección son bajas, se favorecen las relaciones de copula en favor de las hembras, para incrementar las posibilidades de apareo, en parásitos polígamos (San Martín *et al.*, 2006).

El único ectoparásito registrado durante este estudio, es una mosquita parasitaria exclusiva de murciélagos cavernícolas en regiones cálidas, existen registros de este ectoparásito en *Macrotus waterhousii* en República Dominicana. En México se registra a *Nycterophilina parneli* parasitando *Pteronotus parnellii* y *Pteronotus davyi* a *Nycterophilina natali* parasitando a *Natalus stramineus*, también a *Nycterophilina coxata* en *Pteronotus davyi* estos registros se tienen

en Tamaulipas según Morse *et al.* (2012). Algunos de estos murciélagos como *Natalus stramineus* y *Pteronotus parnellii*, se registraron en cuevas en nuestra área de estudio. Por otro lado, Aunque no se conoce el ciclo de vida en murciélagos de ninguna especie de *Vampirolepis* o de *Capillaria* se reconoce que pueden requerir algún insecto que actúe como hospedero intermediario, el ectoparásito por la cercanía que tiene con el murciélago y que este puede ser ingerido por acicalamiento puede desarrollar la etapa infectante y funcionar como hospedero intermediario.

2.6 LITERATURA CITADA

Aguilar, A. R. 2008. Gusanos Parásitos de Fauna Silvestre. Algunas Formas de Estudio. Elementos. México. 72, 55-61.

Amin, O. M. 1987. Key to the Families and Subfamilies of Acanthocephala, with the Erection of a new Class (Polyacanthocephala) and a New Order (Polyacanthorhynchida). J. Parasit. 73, 1216-1219.

Anderson, C. R., Chabaud G. A. y Willmott S. 2009. Keys to the Nematode Parasites to the Vertebrates. Archival Volume. CAB International. Willingford (UK). 463 pp.

Caspeta-Mandujano J. M., Peralta-Rodriguez. L. J., Galindo-García G. M. y Agustín J. F. 2015. A new species of *Torrestrongylus* (Trichostrongylidae, Anoplostrongylinae) from *Macrotus waterhousii* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Central México. Parasite Journal. 22, 29.

Clarke C. E. 2008 Descripción de la Helmintofauna Asociada a Tres Especies de Murciélagos (Chiroptera: Mormoopidae) en el Municipio de Apazapan, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. A. C. Xalapa, Veracruz. México. 87 pp.

Cruz R. A. y Camargo C. B. 2001. Glosario de Técnicas en Parasitología y Ciencias Afines. 1 ed. Editorial Plaza y Valdés. México.

Espericueta V. J C. 2012. Diversidad de Murciélagos y sus Nematodos Parásitos en el Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla Sinaloa, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Guasave Sinaloa. 84 pp.

Francisca M. M. A. 2016. Helmintofauna de Murciélagos (Chiroptera) del Nordeste Argentino. Tesis de Doctor en Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad de Nacional de la Plata. 154 pp. Argentina.

García-Prieto, L., Falco-Ordaz, J. y Guzmán-Cornejo, C. 2012. Helminth Parsites of Wild Mexican Mammals, Host and Geographical Distribution. *Zootaxa*. 3290, 1-92.

García-Prieto, L., García-Varela, M., y Mendoza-Garfias, B. y Pérez-Ponce de León, G. 2010. Checklist of the Acanthocephala in Wildlife Vertebrates of Mexico. *Zootaxa* 2419, 1-50.

García-Prieto, L., García-Varela, M. y Mendoza Garfias, B. 2014. Biodiversidad de Acanthocephala en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(Suppl.), S177-S182.

Gardner, L. S. y Jiménez-Ruiz, A. F. (2009). Methods for the study of bat endoparasites. En T. H. Kunz y S. Parsons (Eds.), *Ecological and Beahaviolar Methods for the Study of Bats* (pp. 795-805), Baltimore: John Hopkins Univ. Press.

Jiménez A. F., Caspeta-Mandujano J. M., Ramírez-Chávez S. B., Ramírez-Díaz S. E., Juárez-Urbina, M. G., Peralta-Rodríguez, J. L. y Gurrero J. A. Checklist of Helminths of Bats from Mexico and Central America. *MANTER: Journal of Parasite Biodiversity*. 7: 28 pp.

Jirón P. F. y Fallas B. F. 1974. Presencia de un Representante del Género *Nycterophylia* Ferris, 1916 (Diptera: Streblidae) en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 22(1): 67-70. Costa Rica.

Klimpel S. y Mehlhorn H. 2014. Bats (Chiroptera) as Vectors of Diseases and Parasites Facts and Myths. Vol 5. Parasitology Research Monographs 5 Ed. Springer. 195 pp. Germany.

Macy W. R. 1947. Parasites Found in Certain Oregon Bats with the Description of a New Cestode, *Hymenolepis Gertschi*. *The American Midland Naturalist.* 37(2): 375-378.

Martínez F. A., Cordero del Campillo M. 1999 El Parasitismo y otras Asociaciones Biológicas. Parásitos y Hospedadores. *Parasitología Veterinaria.* Mc Graw-Hill. Interamericana: pp 22-38.

Morse F. S., Dick W. C., Patterson D. B. y Dittmar K. 2012. Some Like It Hot: Evolution and Ecology of Novel Endosymbionts in Bat Flies of Cave-Roosting Bats (Hippoboscoidea, Nycterophiliinae). *Appl. Environ. Microbiol.* 78(24):8639-8649.

Lamothe A. R. 1997. Manual de Técnicas para Preparar y Estudiar los Parásitos de Animales Silvestres. A.G.T. Editor, S. A. México. 43 pp.

Lamothe A. R., García P. L., Osorio S. D. y Pérez-Ponce de León G. 1997. Catálogo de la Colección de Helmintos. Universidad Nacional Autónoma de México. 211 pp.

Petrochenko V. I. 1958. *Acanthocephala of Domestic and Wild Animals.* Vol. 2. Moscow: Izdatel'stovo Akademii Nauk. Moskvá.

Quiroz R. H. 1990. *Parasitología y Enfermedades Parasitarias de Animales Domésticos.* Editorial Limusa, S.A. de C. V. México D.F 876 pp.

Rego A. A. 1962. Sobre Algunos “*Vampirolepis*” Parásitos de Quirópteros (Cestoda, Hymenolepididae). Rev. Bras. Biol. 22: 129 -136.

San Martín J., Brevis C., Rubilar L., Krone O. y Gonzales-Acuña D. 2006. Parasitismo Intestinal en Tiuque común (*Milvago chimango chimango*) (Vieillot, 1816) (Falconidae, Aves) en Ñuble, Chile. Parasitol Latinoam 61: 63 – 68.

Santos P. C. y Gibson I. D. 2015. Checklist of the Helminth Parasites of South American Bats. Zootaxa 3937 (3): 471-499. Magnolia Press.

Schmidt, D. G. 2000. Handbook of Tapeworm Identification. CRC Press inc. Florida. U.S.A. 675 pp.

Ubelaker, J.E., Specian R. D. y Duszynski, D. W. (1977). Endoparasites. pp. 7-56. En R. J. Baker, J. K. Jones Jr. y D. C. Carter (eds.). Biology of bats of the New World Family Phyllostomatidae. Part II. Spec. Pub. Mus. Texas Tech Univ., 13.

Vaucher C. 1986. Helminthes Parasites du Paraguay XI: Hymenolepididae (Cestoda) Parasites de Chiroptères Molossidae, Avec Description de Deux Espèces Nouvelles. Revue Suisse de Zoologie 93: 393-40.

Vaucher C. 1992. Revision of the Genus *Vampirolepis* Spasskij, 1954 (Cestoda: Hymenolepididae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. Vol. 87 (Suppl. 1). 299-304.

Vargas C. M., Martínez R. R. y Tantaleán V. M. 2009. Cestodos de Quirópteros del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes, Perú. Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. Rev. Perú. Biol. 16 (1). Perú.

Zdzitowiecki K. y Rutkowska M. A. 1980. The Helminthofauna of Bats (Chiroptera) from Cuba. II. A Review of Cestodes With Description of Four New Species and Key to Hymenolepididae of American bats. Acta Parasitologica Polonica 26, 187-200.

CONCLUSIONES GENERALES

El murciélago *Macrotus warterhousii* presenta un estado de salud deficiente y en sitios perturbados en comparación con los murciélagos evaluados en el sitio conservado.

Los índices de glucosa indican de manera indirecta, una tendencia a mayor estrés en *Macrotus warterhousii* del sitio perturbado.

Es muy probable que la capacidad del sistema inmune a resistir infecciones parasitarias de *Macrotus warterousii* este más fortalecida en el sitio conservado.

Dado lo anterior, al parecer en el murciélago *Macrotus warterousii* como en la mayoría de las poblaciones de animales silvestres existe un sinergismo entre la condición fisiológica, el sistema inmunológico del individuo y su susceptibilidad a contraer infecciones o infestaciones.

Los nuevos registros de parásitos en esta especie de murciélago son una gran aportación al conocimiento de la parasitología de murciélagos en el país.

RECOMENDACIONES

Aunque encontramos diferencias en el índice corporal de los machos en el murciélago, se recomienda medir hembras en futuros estudios y ampliar el estudio a más de una especie de quiróptero esto es a que algunas especies pueden tolerar diferentes tipos de perturbación, e inclusive como se menciona en algunos estudios, pueden haber diferencias entre machos y hembras en una misma especie.

Por los resultados obtenidos, es posible proponer el empleo de la glucosa como indicador indirecto de estrés en murciélagos.

Aunque no se muestrearon murciélagos por trampeo con redes de niebla en la noche, es posible que se presenten diferencias en cuanto a los niveles de glucosa sanguínea, en este caso es importante estar pendiente de la red y de igual manera tomar la muestra de sangre al momento en que caen en la red.

Una alternativa para caracterizar la infección parasitaria en murciélagos evitando el sacrificio de los mismos es el empleo de la identificación y medición de los huevos de los helmintos que se encuentren en las excretas a través de métodos coproparasitoscópicos.

Es indispensable fomentar las investigaciones sobre los helmintos en la fauna local, sobre sus ciclos de vida además de los organismos que parasitan, ya que estos estudios proporcionan información indispensable para entender la relación parasito/hospedero, la calidad del hábitat, el comportamiento natural desde la alimentación de la fauna local hasta la interacción biológica entre especies de mamíferos.

También es importante promover el estudio y la conservación de los refugios de los murciélagos, ya que son empleados por los murciélagos no solo para mantener su temperatura corporal, sino también como sitios reproductivos donde llegan a formar colonias de maternidad, en las cuevas llegan albergar especies no solo de interés comercial ya que son los principales controladores naturales de plagas de insectos, sino también la presencia de los murciélagos garantiza la supervivencia de plantas como el agave, y son considerados por varios investigadores como los principales regeneradores de selva tropical por su capacidad de dispersar una gran cantidad de semillas.

ANEXO

Grupo	Especie	Localidad y País	Referencia
Nematoda	<i>Litomosoides leonilavazquezae</i>	Guerrero, México	Caballero-Caballero, 1939
	<i>Litomosoides guiterasi</i>	Morelos, México	Galindo, 2014
	<i>Torrestrongylus torrei</i>	Habana Provence, Cuba	Pérez-Vigueras, 1935
	<i>Aonchotheca viguerasi</i>	Rincón de Guanabo, Cuba	Texeira de Freitas and Lent, 1937
	<i>Spirura mexicana</i>	Morelos, Mexico	Peralta <i>et al.</i> 2012
	<i>Aonchotheca speciosa</i>	Morelos, México	Peralta, 2012
	<i>Torrestrongylus tetradorsalis</i>	“Sierra de Huautla” Morelos, México	Caspeta-Mandujano <i>et al.</i> 2015
Trematoda	<i>Limatulum aberrans</i>	Cuicatlán, Oaxaca, México	Caballero y Caballero and Bravo Hollis, 1950
	<i>Limatulum Oklahomense</i>	Cuicatlan, Oaxaca, México	Caballero y Caballero and Bravo Hollis, 1950
Cestoda	<i>Vampirolepis macroti</i>	Cuba	Zdzitowiceki et Rutwoska. 1980.

	<i>Vampirolepis gertschi</i>	Morelos, México	Galindo, 2014; Ramírez, 2015
--	------------------------------	-----------------	---------------------------------

Tabla A1.- Registros de helmintos en el murciélago *Macrotus waterhousii* (Ubelaker *et al.* 1979; Clarke 2008; Caspeta-Mandujano *et al.* 2015; Jiménez *et al.*, 2017).



Fotografía A2.- Saltamontes de la familia Tettigoniidae.