

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**EVALUACIÓN DE LA CARGA PARASITARIA EN LAS
POBLACIONES DE TAPIR (*Tapirella bairdii*), DEL BIOTOPO
PROTEGIDO SAN MIGUEL LA PALOTADA EL ZOTZ Y
DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA LACHUÁ.**

IRENA DIONE MÉNDEZ BARRIOS

Médica Veterinaria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**EVALUACIÓN DE LA CARGA PARASITARIA EN LAS
POBLACIONES DE TAPIR (*Tapirella bairdii*), DEL BIOTOPO
PROTEGIDO SAN MIGUEL LA PALOTADA EL ZOTZ Y
DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA LACHUÁ.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

IRENA DIONE MÉNDEZ BARRIOS

Al conferírsele el título de

Médica Veterinaria

En el grado de licenciado

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
JUNTA DIRECTIVA**

Decano:	M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
Secretario:	Dr. Hugo René Pérez Noriega
Vocal I:	M.Sc. Juan José Prem González
Vocal II:	Lic. Zoot. Edgar Amílcar García Pimentel
Vocal III:	Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar
Vocal IV:	Br. Brenda Lissette Chávez López
Vocal V:	Br. Javier Augusto Castro Vásquez

ASESORES

DR. JORGE ERWIN LÓPEZ GUTIÉRREZ

M.A. MANUEL EDUARDO RODRÍGUEZ ZEA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE LA CARGA PARASITARIA EN LAS POBLACIONES DE TAPIR (*Tapirella bairdii*), DEL BIOTOPO PROTEGIDO SAN MIGUEL LA PALOTADA EL ZOTZ Y DEL PARQUE NACIONAL LAGUNA LACHUÁ.

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

MÉDICA VETERINARIA

ACTO QUE DEDICO A:

A mi familia y a mis amigos: y a todas esas personas que estuvieron y han estado a mi lado mientras emprendía las aventuras más grandes de mi vida y mi carrera. A esas personas que me enseñaron a ver de otra manera el mundo, que me hicieron más fuerte pero también sensible para nunca dejar de maravillarme ante la magia inesperada de la vida, y que me incentivaron y me incentivan a nunca dejar la lucha, a seguir explorando y descubriendo. En especial a mis papas Claudio y Mercedes, a mis abuelos y mi tío David, a mi maestro y amigo Alejandro y a mis más queridos amigos Wendy, Liliana, Esteban, German, Fernando y David.

AGRADECIMIENTOS

**A la Facultad de Medicina
Veterinaria y Zootecnia:**

Por mi formación profesional y en especial a mi asesor Manuel Rodríguez por todo su apoyo y ayuda en este trabajo

A la Escuela de Biología:

Por avalar este trabajo, en especial a su Directora Rosalito Barrios, y por toda la asesoría en especial a mi asesor Jorge Erwin López, y a los docentes Claudio Méndez, Gustavo Ruano, Julio Morales y Pavel García.

A CECON:

Por avalar este trabajo, en especial a su Director Francisco Castañeda; por todo el apoyo en CDC en especial a Mercedes Barrios; por brindar acceso a literatura en especial a Manolo García; por ayudar con la elaboración de mapas, en especial a Daunno Chew; y por todo el apoyo en campo sin el cual no hubiera sido posible este trabajo, en especial a Juan José Romero, y los guardarrecursos José Luis Rodas, Juan, David King y Sabino.

A INAB:

Por permitirme realizar este trabajo en especial al director Romeo y por todas las enseñanzas de campo y el apoyo para encontrar las muestras en especial al guardarrecurso Paulino.

A mi papá:

Por acompañarme y asesorarme, por todo su apoyo en este trabajo y su compañía en los viajes.

A mis amigos:

Por todo su cariño, en especial a Alejandro por su asesoría, a Wendy por acompañarme en el viaje, a German por darme ánimos para escribir, y a David por sus observaciones y apoyo en la etapa final del trabajo.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	HIPÓTESIS	4
III.	OBJETIVOS	5
	3.1 Objetivo general	5
	3.2 Objetivos específicos	5
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA	6
	4.1 Orden Perissodactyla	6
	4.2 Familia Tapiridae.....	6
	4.3 <i>Tapirella bairdii</i>	7
	4.4 Poblaciones de tapir centroamericano y sus amenazas.....	9
	4.5 Antecedentes de investigaciones de tapir centroamericano	10
	4.6 Endoparásitos del tapir	10
	4.7 Endoparásitos del tapir centroamericano	11
	4.8 Importancia del estudio de enfermedades infecciosas y parasitarias y su relación con la conservación	12
	4.9 Fragmentación del hábitat y las enfermedades infecciosas y parasitarias.	16
	4.10 Efecto del cambio climático en las enfermedades infecciosas y parasitarias	18
V.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
	6.1 Área de estudio	21
	6.2 Diseño Experimental	23

6.3	Materiales.....	25
6.4	Identificación de sitios y letrinas dentro de cada área	27
6.5	Toma de muestras	29
6.6	Estimación de la composición de la carga parasitaria.....	33
6.6.1	Prueba de flotación	33
6.6.2	Método de Hakarua Ueno	34
6.7	Estimación de la abundancia de la carga parasitaria:	35
6.7.1	Método cuantitativo de McMaster.....	35
6.8	Medidas de fragmentación de hábitat.....	36
6.9	Análisis de la composición y abundancia de la carga parasitaria	36
6.10	Análisis de la fragmentación y la carga parasitaria.....	37
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
7.1	Composición carga parasitaria	38
7.2	Abundancia en la carga parasitaria	45
7.3	Composición y comparación de las especies encontradas en heces de tapir con las reportadas en equinos y otros animales domésticos.....	48
7.4	Análisis estadístico	49
7.4.1	Índice de similitud/agrupamiento jerárquico	49
7.4.2	Modelo lineal generalizado con función de Poisson.....	50
7.4.3	Índice de diversidad exponencial de Shannon	51
7.5	Discusión	52
VIII.	CONCLUSIONES.....	60
IX.	RECOMENDACIONES.....	61
X.	RESUMEN.....	62

SUMMARY.....	63
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
XII. ANEXOS.....	69

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1

Esquema del Diseño experimental..... 23

Cuadro 2

Composición de la carga parasitaria: especies y morfoespecies de nematodos gastrointestinales identificados en las muestras de heces de tapires de Laguna PNLL y Biotopo BSMLZ 40

Cuadro 3

Promedios de la abundancia huevos por gramo de heces obtenidos con el método McMaster de la carga parasitaria en las muestras de tapires de PNLL 46

Cuadro 4

Promedios de la abundancia huevos por gramo de heces obtenidos con el método McMaster de la carga parasitaria en las muestras de tapires de BSMLZ 47

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1

Mapa Localización sitios de estudio de la carga parasitaria en las poblaciones de tapir (*Tapirella bairdii*), Biotopo Protegido San Miguel La Palotada Zotz – BSMLZ (1) y Parque Nacional Laguna Lachuá- PNLL (2) 22

Figura 2

Continuo de selva donde se localiza el Biotopo San Miguel La Palotada Zotz BSMLZ, lugar de muestreo del estudio de carga parasitaria en su poblaciones de tapires (*Tapirella bairdii*)..... 24

Figura 3

Mapa paisaje fragmentado donde se localiza el Parque Nacional Laguna Lachuá PNLL, lugar de muestreo del estudio de carga parasitaria en su poblaciones de tapires (*Tapirella bairdii*)..... 24

Figura 4

Mapa localización de sitios de muestreo de heces fecales para la evaluación de la carga parasitaria de la población de tapires (*Tapirella bairdii*) Parque Nacional Laguna Lachuá PNLL 28

Figura 5

Mapa localización de sitios de muestreo de heces fecales para la evaluación de la carga parasitaria de la población de tapires (*Tapirella bairdii*) del Biotopo Protegido San Miguel La Palotada Zotz. 28

Figura 6

Mapa localización de los puntos de colecta de muestras de heces fecales de Tapir (*Tapirella bairdii*). Las primeras cuatro corresponden al PNLL, y de las cinco a la doce corresponden al BSMLZ..... 30

Figura 7

Mapa Sitios de toma de muestras de heces fecales de Tapir (*Tapirella bairdii*) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Alta Verapaz, Guatemala. 31

Figura 8

Mapa sitios de toma de muestras de heces fecales de Tapir (*Tapirella bairdii*) en el Biotopo Protegido San Miguel La Palotada Zotz BSMLZ, Petén, Guatemala 32

Figura 9

Huevos *Strongylus* obtenidos de heces frescas de Tapir en PNLL; procesadas por metodo de flotacion con solución sobresaturada de azúcar. (A) 1 Huevo *Strongylus* sp. 1 (Morfoespecie 1). 2 Huevo *Strongylus* sp. 2 (Morfoespecie 2) en objetivo 10x. (B) Huevo *Strongylus* sp.1 (Morfoespecie 1) en objetivo 10x. (C) Huevo *Strongylus* sp.1 (Morfoespecie 1) en objetivo 40x. 41

Figura 10

Huevo *Strongylus* sp.2 (Morfoespecie 2) obtenidos de heces frescas de Tapir en PNLL y procesada por metodo de flotacion con solución sobresaturada de azúcar (A) Objetivo 4X (B) Objetivo 10X..... 42

Figura 11

Huevos de nematodos gastrointestinales obtenidos de heces frescas de Tapir en BSMLZ y procesadas por metodo de flotacion con solución sobresaturada de azúcar. (A) *P. equorum* en objetivo 10x. (B) *Strongylus* sp.3 (morfoespecie 3) Objetivo 10x. 42

Figura 12

Huevo *Strongylus* sp. Objetivo 10x. Huevo obtenido de heces de caballo en BSMLZ y procesadas por metodo de McMaster con solución sobresaturada de azúcar... 43

Figura 13

Larva *Trichostrongylus* sp. Cultivada en Hakarua Ueno a partir de heces frescas de Tapir en BSMLZ. Objetivo 10x. 43

Figura 14

Larva *Trichostrongylus* sp. cultivada en Hakarua Ueno a partir de heces frescas de Tapir en BSMLZ. Objetivo 10x. 43

Figura 15

Nematodos gastrointestinales identificados de heces frescas de Tapir en PNLL, Arroyo Tapir. (A) Huevo *Trichuris* sp.1 Único huevo, muestra procesada por metodo de flotacion con solución sobresaturada de azúcar. Objetivo 10x. (B) Larva *Strongylus vulgaris*. Cultivada en Hakarua Ueno a partir de heces frescas de Tapir. Objetivo 10x 44

Figura 16

Larva *Trichostrongylus* sp. Cultivada en Hakarua Ueno a partir de heces frescas de Tapir en BSMLZ. Objetivo 10x. 44

Figura 17

Agrupamiento jerárquico de las muestras (identificadas en cuadro 1) según método de Ward, generado en programa estadístico Past basado en la cantidad de ítems (especies y morfoespecies de parásitos gastrointestinales) 49

Figura 18

Modelo Lineal generalizado generado por el programa estadístico R: Relación entre distancia mínima de la muestra al borde y el número de ítems (especies y morfoespecies) identificados..... 51

I. INTRODUCCIÓN

El tapir centroamericano *Tapirella bairdii* es el mamífero nativo más grande del neotrópico (Lavariega et al., 2013), este y las demás especies de tapires se encuentran en peligro de extinción en todo el mundo (IUCN, 2014). En general las poblaciones del tapir centroamericano se encuentran en detrimento. En Guatemala se estimó en el año 2009 una abundancia poblacional de tapires de 924 individuos (García et al., 2009). La extinción local de poblaciones de esta especie se debe principalmente a la pérdida de hábitat asociada al cambio de uso de tierras y a la cacería. La conservación de especies silvestres incluyendo la del tapir es importante por el valor ecológico que poseen. Actualmente, el hábitat de este se limita principalmente a áreas protegidas en los departamentos de Quiché, Alta Verapaz, Izabal y Petén. En este último se estima se encuentra el 72% de la población. (García et al., 2009).

Las enfermedades infecciosas y parasitarias son otro fenómeno que amenaza a las poblaciones de tapir, lo cual no ha sido estudiado y contemplado en los esfuerzos de conservación, y que, además, posee una relación con otros factores que amenazan a las poblaciones silvestres como la fragmentación del hábitat (Quse & Fernandes-Santos, 2014). Se ha reportado que en áreas degradadas los mamíferos silvestres presentan un mayor riesgo de infección a nematodos (Medina-Voguel, 2010). La presencia de animales domésticos en los límites o dentro de las áreas protegidas puede ser fuente de contaminación para las poblaciones silvestres (Romero-Castañón, et al., 2008).

Los agentes infecciosos y parasitarios forman parte de los ecosistemas y de las redes alimenticias, su presencia es parte del paisaje; sin embargo, poseen el potencial de provocar daños a sus hospederos, y esto a su vez tiene consecuencias a nivel de poblaciones. Para que el daño se produzca es necesario que el sistema

inmune se encuentre debilitado, por causas propias del individuo o por causas externas que le generen estrés como ocurre con la fragmentación del hábitat y su reducción (Tompkins et al., 2011). Existe una estrecha relación entre agente etiológico, hospedero y ambiente, donde bajo ciertas condiciones, estos tres elementos se relacionan entre sí, por lo que al alterarse alguno, los demás se alteran y es cuando se produce una enfermedad (FAO, 2013). En epidemiología a esto se le conoce como triada epidemiológica o modelo de causalidad de las enfermedades transmisibles (OPS, 2002).

Este modelo reconoce la importancia de explorar las condiciones ambientales, la salud de los animales y de sus poblaciones, la relación entre cada uno de estos elementos y como están influenciados por diversos factores. La salud ecológica es el término que se emplea actualmente para integrar la salud de los animales, del ambiente y la salud humana, las cuales se encuentran relacionadas entre sí, como ha evidenciado la medicina de la conservación. Esta última examina la salud de los ecosistemas, evaluando las relaciones en el ambiente, la emergencia y reemergencia de los agentes infecciosos, parasitarios y los contaminantes ambientales, el mantenimiento de la biodiversidad, y el funcionamiento de los ecosistemas. El funcionamiento de los ecosistemas sostiene la salud de las plantas y los animales incluyendo al humano (Arrivillaga & Caraballo, 2009; Quse & Fernandes-Santos, 2014).

En esta investigación se evaluó la posible relación entre la fragmentación del hábitat con la composición y abundancia de la carga parasitaria en poblaciones de tapires del Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL), y del Biotopo Protegido San Miguel La Palotada Zotz (BSMLZ). PNLL es un parche de selva que se encuentra de un área muy fragmentada. Por el contrario BSMLZ se encuentra dentro de un gran continuo de selva que se extiende hasta México y Belice. Se recolectaron 12 muestras de heces fecales en época seca, cuatro en PNLL y ocho en BSMLZ. La

prevalencia de parasitosis gastrointestinales en las muestras de PNLL fue del 100%, y del 62.5% en BSMLZ.

La abundancia parasitaria fue detectable con el método de McMaster en las muestras de heces de tapires del PNLL y en una de BSMLZ. Tres de las cuatro muestras de PNLL obtuvieron abundancias promedio por arriba de los 1,500 huevos/gramo de heces, la muestra de BSMLZ fue de 50 huevos/gramo de heces. Además de las muestras de heces de tapir, se obtuvo una muestra de heces de caballo próxima a uno de los campamentos arqueológicos de BSMLZ, a pesar de ser de mala calidad se obtuvo una abundancia de 150 huevos/gramo de heces. Para poder comparar las muestras se contó el número de ítems (especies y morfoespecies de parásitos gastrointestinales), y se relacionó con la distancia menor al borde a partir del punto donde se tomó la muestra. Esta distancia se tomó como medida de fragmentación. Al analizar ambas variables se observó que a menor distancia al borde, mayor cantidad de ítems. Esta información apoya que existe una relación entre la fragmentación del hábitat y la alteración de la carga parasitaria. El estudio refleja la necesidad de incluir la salud de las poblaciones silvestres en los esfuerzos de conservación, y generar a través de nuevas investigaciones métodos de monitoreo para evaluarla.

En PNLL se identificaron tres morfoespecies (*Strongylus* sp.1, *Strongylus* sp.2 y *Trichuris* sp. 1), y una especie (*Strongylus vulgaris*) de parásitos gastrointestinales. En BSMLZ se identificaron 2 morfoespecies (*Trichostrongylus* sp.1 y *Strongylus* sp.3), y 1 especie (*Parascaris equorum*). Las dos especies identificadas y el género *Trichostrongylus* han sido reportados comúnmente en equinos domésticos. El género *Trichuris* es reportado comúnmente en animales domésticos. Las especies y morfoespecies identificadas corresponden al primer registro de géneros de parásitos gastrointestinales presentes en tapires silvestres de Guatemala.

II. HIPÓTESIS

La composición y la abundancia de la carga parasitaria de los tapires están relacionadas con el nivel de fragmentación y aislamiento del hábitat, y/o por la presencia de perisodáctilos domésticos.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Generar información sobre la carga parasitaria de tapires en vida silvestre.

3.2 Objetivos específicos

Determinar la carga parasitaria en heces de tapir en el Área Protegida San Miguel La Palotada El Zotz y del Parque Nacional Laguna Lachuá.

Comparar la carga parasitaria determinada en heces de tapir obtenidas en hábitats con diferentes grados de fragmentación

Establecer si existe una relación entre las especies de parásitos encontradas en las heces de tapir y las reportadas frecuentemente para équidos domésticos.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Orden Perissodactyla

Corresponde a un pequeño orden de 16 especies clasificados en tres familias: Equidae (caballos), Tapiridae (tapires), y Rhinocerotidae (rinocerontes). Estas especies tienen una amplia distribución en las regiones zoogeográficas desde la Etiópica, Paleártica, Oriental y Neotropical. De estas 16 especies, dos se encuentran domesticadas el caballo (*Equus caballus*) y el burro (*Equus asinus*), y estas han ampliado la distribución del orden a otras áreas como la Neartica y la Australasica. La principal característica de las especies dentro de este orden es que poseen un número impar de dígitos, de los cuales el que está en posición céntrica posee un mayor desarrollo. Este dígito constituye el eje principal de la extremidad. (Nowak, 1999).

4.2 Familia Tapiridae

Esta familia está compuesta en la actualidad por cuatro especies *Tapirella bairdii*, *Tapirus terrestris*, *Tapirus pinchaque*, y *Acrocodia indica*. Las primeras se distribuyen en América, y la cuarta es nativa de Asia. La principal característica de las especies dentro de esta familia es la extensión del labio superior y la nariz en un tronco prensil o probosis, el cual se acomoda en un hueso nasal más corto pero que se proyecta hacia el frente (Huffman, 2010).

4.3 *Tapirella bairdii*

Nombre común: tapir centroamericano, danto, danta, Tixl (Q 'eqchi) (García et al., 2009). En otros países también recibe el nombre de anteburro o macho de monte (Castellanos et al., 2008).

Descripción: esta especie es el mamífero terrestre más grande del neotrópico (Lavariega et al., 2013). El peso habitualmente se ubica entre los 150 a 300 kilogramos. Son de color gris oscuro, posee una coloración gris más pálida en la garganta y el pecho, y presenta franjas blancas alrededor de las orejas. Las crías son de color café rojizo y tienen manchas blancas que desaparecen alrededor de los 6 meses. El pelaje es erizado y su complexión es musculosa. Tienen piernas cortas y finas que le permiten rápidos movimientos. La nariz y el labio superior están proyectados hacia delante para formar una probosis corta, que es utilizada para encontrar comida y para detectar estímulos táctiles. Los ojos son pequeños y se ubican a los lados de la cabeza, mientras las orejas son largas de forma oval y se encuentran erectas con poca capacidad de movimiento. Las hembras tienen un único par de mamas localizadas en la región inguinal. La longitud de la cabeza y el cuerpo se encuentra en un rango de 180-250 cm, la cola puede medir de 5 a 13 cm, y la altura hasta los hombros es de 73 a 120 cm. Las hembras y los machos son similares (Wells, 2009).

El tapir es mayormente nocturno, sin embargo puede mostrar actividad a cualquier hora del día. Generalmente descansa en aguadas, y aunque puede utilizar varias de estas, regresa varias veces a la misma. El ámbito de hogar de un tapir macho es de 1 km² aproximadamente y el de la hembra es un poco menor (Foerster & Vaughan, 2002). Los tapires son animales solitarios, sin embargo en un estudio realizado en el Parque Nacional Corcovado en Costa Rica se pudo observar que en algunas ocasiones interactúan con otros individuos incluso se alimentan en el mismo sitio (Foerster & Vaughan, 2002). También se ha observado algunos sonidos que emiten para comunicarse con otros individuos o para la comunicación de la

madre y la cría (Wells, 2009). Este mismo estudio realizado en Costa Rica sugirió que los tapires forman parejas monógamas de largo plazo y que comparten un territorio ya que sus rangos de hogar en algunos casos se traslapan (Foerster & Vaughan, 2002). Los tapires se pueden reproducir durante cualquier época del año, aunque es más común cerca del inicio de la época lluviosa. El período de gestación es de 390 a 400 días, y generalmente solo paren una cría, la cual tiene un peso promedio de 9.4 kilogramos. El destete ocurre después de un año, después del cual la cría permanece aproximadamente un año más con la madre. En cautiverio se ha registrado una longevidad de 29.6 años (Wells, 2009).

Posee hábitos alimenticios herbívoros, que consistente en hojas, tallos, frutos, flores, arbustos, lianas y árboles. Su dieta incluye más de 30 familias de plantas como Moracea, Rubiaceae, Arecaceae, Piperaceae, Fabaceae y Euporbiaceae. Existen algunos reportes de tapires que bajan a zonas agrícolas y se alimentan en cultivos de maíz, frijol, yuca, caña y cítricos (García et al., 2009).

El tapir centroamericano habita en lugares que van desde el nivel del mar hasta los 3620 metros de altitud, estando presente en diferentes tipos de hábitat como manglares, pantanos y zonas inundables, selva tropical seca, selva tropical húmeda y selva nubosa (Castellanos et al., 2008). Un requisito para el hábitat del tapir es la presencia de cuerpos de agua, ya que depende de estos para su protección, hidratación y para depositar sus heces en estos o en letrinas próximas (Vaughan, 1988).

En algunos de los lugares en que habita es considerado un importante dispersor de semilla, sin embargo la cantidad de frutas y la diversidad de especies que consume varía, y por tanto también puede variar este rol. Otra importancia que tiene esta especie, sugerida recientemente es que puede ser indicador importante de la salud de las selvas lluviosas del neo trópico debido a su reducido número y la sensibilidad que tiene a la perturbación (García et al., 2009). En la economía de las poblaciones aledañas a las zonas silvestres, el tapir se ha utilizado como una fuente

de alimento. Pero el detrimento de la población ha provocado que no sea de los principales (Castellanos, et al., 2008).

El rango geográfico de esta especie se encuentra en Sureste de México, Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua, Panamá, Noreste de Colombia, e históricamente se encontraba en el Salvador (Castellanos, et al., 2008). En Guatemala se distribuye en la región nororiente del país, en los departamentos de Petén, Izabal, Alta Verapaz, Quiché, y en la Sierra de las Minas que comprende los departamentos de El progreso, Baja Verapaz y Zacapa (García et al., 2009).

4.4 Poblaciones de tapir centroamericano y sus amenazas

Las poblaciones de tapir a todo lo largo de su rango de distribución geográfico se encuentra en un declive continuo. Las últimas estimaciones de las poblaciones realizadas en el 2006 sugieren que existen menos de 5500 individuos en estado silvestre (Castellanos, et al., 2008). Para Guatemala se estima que la población de tapires es menor de 1000 individuos (García et al., 2009).

El tapir se encuentra principalmente amenazado por la destrucción del hábitat y por la caza local. Es importante considerar que la tasa de reproducción es baja lo cual es factor que favorece al declive de las poblaciones bajo las amenazas. A esto se suma las enfermedades infecciosas y parasitarias, en México se han encontrado que muchas de estas provienen del ganado y de caballos domésticos que entran en contacto con las poblaciones de tapir (Castellanos, et al., 2008).

La fragmentación de la selva también amenaza a las poblaciones de tapir, sobre todo en el norte de América Central (Castellanos, et al., 2008). En Guatemala las principales amenazas detectadas son la caza y la pérdida de hábitat. La pérdida de hábitat se asocia principalmente a la deforestación, cambio de uso de suelos por actividades económicas, incendios forestales, construcción de carreteras y la fragmentación del selva (García, et al., 2009).

4.5 Antecedentes de investigaciones de tapir centroamericano

Las investigaciones de esta especie se limitan principalmente a estudios de ecología y poblaciones. México y Costa Rica han sido los principales países donde se han desarrollado investigaciones sobre el tapir centroamericano. En Guatemala se realizan las primeras investigaciones de esta especie a finales de los años noventa. Sin embargo es hasta la década de los 2000 que se inician estudios más serios, enfocados principalmente a su distribución dentro del país, el tipo de hábitat que utilizan (García, et al., 2012), la abundancia poblacional que existe, como se comportaran las poblaciones dentro de los próximos años, hábitos alimenticios, monitoreo de poblaciones, y estado de conservación dentro de las áreas protegidas (Ruíz & Rodríguez, 2005; García et al., 2009).

En el país nunca se han publicado estudios sobre salud de tapires; y en general existen pocos estudios que aborden este tema. México es el país de la región mesoamericana, donde se han realizado los primeros estudios sobre endoparásitos en tapires silvestres, específicamente sobre parasitosis en el género *Tapirella*. Los estudios de parásitos de tapires se han realizado en la región de Chiapas y estos han evidenciado la importancia que tiene el ambiente en la carga parasitaria, sobre todo en sitios que poseen animales domésticos emparentados que puedan alterarla (Cruz Aldán et al., 2006; Romero-Castañón, et al., 2008).

4.6 Endoparásitos del tapir

Las especies reportadas en las cuatro especies de tapires en cautiverio han sido *Parascaris* sp., *Fasciola* hepática, *Capillaria* sp., *Paranoplocephala* sp., *Strongyloides* sp., *Agríostomun* sp., *Lacandoria* sp., *Neomurshidia* sp., *Trichostrongylus* sp., *Strongylus* sp., *Brachylumus* sp., *Eimeria* sp., *Balantidium* sp., y *Giardia* sp. *Naegleria fowleri* y *Schistosoma* sp.. Mientras algunos protozoos

pueden ser considerados parte de la flora entérica normal, estos pueden llegar a ser patógenos cuando se presenta un estado de inmunosupresión. *Cryptosporidium* sp., fue descrito como el agente causal en el caso de diarrea en dos tapires en cautiverio en China. Ascarididae es también frecuentemente encontrado en muestras fecales de tapires silvestres en el Pantanal, Brasil (Quse & Fernandes-Santos, 2014).

4.7 Endoparásitos del tapir centroamericano

En el estudio de endo y ecto parásitos del tapir centroamericano realizado en la reserva de la Biosfera de la Sepultura, Chiapas, México se encontraron entre los parásitos gastrointestinales huevos o larvas de los géneros *Lacandoria*, *Neomurshidia*, *Trichostrongylus*, *Agríostomum* y *Strongylus*. En este estudio las muestras fueron tomadas del suelo, arroyos, letrinas, entre otros lugares; únicamente una de las muestras fue lograda obtener de manera directa de un tapir, en la cual se identificaron parásitos del género *Neomurshidia*, *Lacandoria* y *Brachylumos* (Cruz Aldán et al., 2006).

Un segundo estudio realizado en Sierra Lacandona, Chiapas, México se compararon las comunidades de parásitos encontradas entre animales domésticos y animales silvestres de la zona. Dentro de este estudio se obtuvieron muestras de heces fecales de tapir centroamericano, identificando los géneros de nematodos *Bonostomum*, *Nematodirus*, *Tapironema coronatum*, *Trichonema*. El género *Nematodirus* no había sido reportado en tapires, ni en ungulados monogástricos (Romero-Castañón, et al., 2008).

4.8 Importancia del estudio de enfermedades infecciosas y parasitarias y su relación con la conservación

La biodiversidad, de manera general, es el término que enmarca los distintos genes, especies y ecosistemas que hay en el mundo. Además de la diversidad de especies, el término incluye la diversidad genética, y la diversidad de comunidades dentro de un ecosistema, y como todos estos niveles de biodiversidad se ensamblan e interactúan entre sí. Junto con estos niveles de biodiversidad se encuentran los aspectos de composición, estructura y función de los sistemas biológicos (Ricklefs & Miller, 1999; Halffter et al., 2001).

Todos estos sistemas biológicos están en constante cambio por la presencia humana, que ha sido y es una de las principales causas de la pérdida de la diversidad biológica. El humano ha alterado ha transformado el entorno de diferentes formas, y conforme la población mundial ha ido en aumento, los daños en el ambiente y la pérdida de la biodiversidad ha ido también en aumento. Por eso en las últimas décadas ha surgido la necesidad de conservar esta diversidad, ya que dependemos de ella para nuestra existencia (Meffe & Carroll, 1997).

Actualmente las poblaciones humanas enfrentan muchos problemas, sobre todo por el rápido incremento que tienen, y la presión que ejercen sobre los recursos naturales. El crecimiento de las poblaciones humanas, las ha llevado también a expandirse a lugares no explorados, provocando el encuentro entre la vida silvestre, las personas y sus animales domésticos (Medina-Vogel, 2010). A partir de estos encuentros han surgido numerosas nuevas enfermedades (enfermedades emergentes), y también ha habido incremento en la transmisión de enfermedades ya conocidas, las cuales sufren cambios o llegan a nuevas regiones (enfermedades reemergentes) (Arrivillaga & Caraballo, 2009). Estas enfermedades no solo han afectado a las poblaciones humanas o de animales domésticos, si no que han afectado a poblaciones silvestres las cuales se han puesto en grave riesgo de extinción (Medina-Vogel, 2010). Es muy importante conocer los conductores de

extinción de especies, ya que la pérdida de biodiversidad tiene el potencial de alterar los ecosistemas de los cuales dependemos junto con la vida silvestre (Smith et al., 2009), no solo como fuente de recursos, sino también porque nuestra salud depende de ellos (Arrivillaga & Caraballo, 2009).

Existen diversas amenazas para la biodiversidad, principalmente relacionadas con cambios antropogénicos en el ambiente, entre estos se encuentran la pérdida de hábitat, cambio climático, especies invasoras, y la sobreexplotación (Smith et al., 2009). Durante los últimos 500 años las enfermedades infecciosas, por si solas han sido en muy pocos casos responsables de provocar la extinción de alguna especie. Por el contrario, las amenazas anteriormente mencionadas poseen por si solas un gran potencial de provocar la extinción de especies, a esto se suma las alteraciones que producen en el ecosistema, y que pueden aumentar el efecto de las enfermedades infecciosas en las poblaciones (Smith et al., 2009).

Las enfermedades infecciosas existen dentro de un paisaje (Medina-Vogel, 2010), el cual no es más que un área terrestre que puede ser topográficamente heterogénea, integrada por un conjunto de ecosistemas interactuantes (Halffter et al., 2001), y que se identifica por factores climáticos, geográficos y ecológicos específicos. Las enfermedades infecciosas además poseen nidalidad, que es la habilidad de mantener un foco dinámico y permanente de circulación del patógeno al interior de una comunidad y área geográfica determinada. Esto implica que cualquier factor que puede alterar las relaciones del ecosistema donde se encuentre el o los reservorios de la enfermedad, tiene el potencial de alterar su nidalidad y modificar su epidemiología (Medina-Vogel, 2010).

En la actualidad se han generado varias investigaciones sobre la ecología de las enfermedades infecciosas silvestres, lo cual ha generado más información del papel que estas tienen en los ecosistemas a diferente escala. En este aspecto, las enfermedades infecciosas y parasitarias a escala de hospederos influyen la tasa de natalidad y mortalidad, aun cuando no existen signos clínicos de enfermedad. A

nivel de poblaciones de hospederos recientemente se empieza a conocer la influencia de los parásitos y las enfermedades infecciosas en la dinámica entre poblaciones y comunidades de ambos (Tompkins et al., 2011).

Existe una discusión acerca de la función de los parásitos como reguladores del tamaño de las poblaciones. Algunas investigaciones afirman el efecto regulador de los parásitos, y otras señalan que este solo es asociado a otros factores que alteren la población, la idea más aceptada hasta el momento es que los parásitos únicamente tienen el potencial de impactar una población silvestre cuando está perturbada por otros factores (Tompkins et al., 2011).

A escala de paisaje, la biodiversidad es resultado de procesos ecológicos que ocurren en períodos breves, y procesos evolutivos y biogeográficos que ocurren en mayores períodos de tiempo. Las actividades humanas influyen grandemente la estructura del paisaje de diferente tipo e intensidad, alterando el grado de heterogeneidad, fragmentación, forma y tamaño del parche, conectividad entre fragmentos entre otros (Halffter et al., 2001). Como se mencionó las enfermedades infecciosas y parasitarias existen dentro del paisaje, y si se alteran los procesos ecológicos en el paisaje por cambios en su estructura u otros, se altera la epidemiología de las enfermedades y a su vez aumenta su potencial de afectar negativamente las poblaciones de su hospedero.

El costo de la respuesta inmune ante infecciones muestra las compensaciones que existen entre esta y otros procesos fisiológicos. Animales con enfermedades agudas suelen retrasar su reproducción para invertir recursos en su sistema inmune. Animales con algunas enfermedades crónicas aumentan su reproducción o número de crías por camada este fenómeno se le denomina estrategia de inversión terminal. El impacto de una infección en el estado físico del hospedero depende de varios factores que también pueden influenciarlo, como la dieta y los parásitos. Así los costos directos inmunemente asociados de las infecciones pueden influenciar la vulnerabilidad del hospedero a otras infecciones, provocando un ciclo vicioso de infección y condición reducida, con implicaciones

para el estado físico del individuo y para potencial transmisión parasitaria, y por último en las dinámicas parasito-hospederos al nivel de poblaciones (Tompkins et al., 2011).

Los parásitos consistentemente incrementan la conectividad, la cual se refiere a la proporción de vínculos potenciales que pueden realizarse entre organismos en una red alimentaria, y en el anidamiento, el cual se refiere la medida de asimetría que hay en las interacciones entre organismos. La conectividad y el anidamiento son métricas de las redes alimentarias, las cuales contribuyen a la resiliencia de un ecosistema, y los parásitos al influir en estas métricas, colaboran con esta. Últimos estudios afirman que los parásitos podrían tener una influencia aun mayor dentro de la función del ecosistema por cambios en su abundancia (Tompkins et al., 2011).

Esto quiere decir que las comunidades de parásitos tienen una función a nivel trófico dentro de las redes alimentarias, y esto podría significar un aumento en la conectividad y la anidación dentro del ecosistema, haciendo las redes más complejas, y por tanto aumentando la resiliencia del ecosistema. Tomando esto en cuenta, un aumento en la abundancia de los parásitos puede alterar no solo las poblaciones de hospederos si no también el ecosistema (Tompkins et al., 2011).

Al principio los parásitos solo se tomaban en cuenta a nivel poblaciones y el efecto obvio como la presencia de signos clínicos, o surgimientos de enfermedades emergentes. En las últimas dos décadas ya surge el interés por la investigación tanto en pequeña como en gran escala. Para los procesos relacionados con el hospedero, este cambio ha sido conducido en parte por el progreso y desarrollo de herramientas apropiadas dentro de disciplinas como la inmunología, aunque el enfoque por el potencial efecto de los parásitos a nivel de comunidad y a escala de ecosistema ha sido conducido por el incremento en el interés en el cambio procesos globales como las especies invasoras, las enfermedades emergentes, y la pérdida de biodiversidad (Tompkins et al., 2011).

4.9 Fragmentación del hábitat y las enfermedades infecciosas y parasitarias

La destrucción y la degradación de los ecosistemas naturales son las causas principales de la pérdida global de la diversidad (Haddad et al., 2015). La destrucción del hábitat, es conductora de la fragmentación, convirtiendo a este en un grupo de pequeños parches de un tamaño mucho menor al del área original, aislados unos de otros por una matriz de hábitat muy diferente al original y transformadas por las actividades económicas humanas (Hing, 2012). La pérdida de área, el incremento del aislamiento, y una mayor exposición a las actividades humanas a lo largo de los bordes del fragmento inician cambios a largo plazo en la estructura y función de estos fragmentos remanentes (Haddad et al., 2015).

Si bien ha existido una controversia acerca del efecto real que tiene la fragmentación, estudios descriptivos de campo y estudios experimentales que se han sumado con los años, demuestran que la fragmentación tiene múltiples y simultáneos efectos en los ecosistemas y en la pérdida de la biodiversidad. Estos efectos son intrínsecos a complejas vías y operan en escalas de largo tiempo (Haddad et al., 2015).

La deforestación que se ha dispersado ampliamente en las regiones templadas en la mitad del siglo XVII al siglo XX, y que se ha incrementado en los trópicos en la última mitad del siglo XXI ha resultado en la pérdida de más un tercio de la cobertura de selvas de todo el mundo. Además del impacto que generan la pérdida de selvas y el cambio en el uso de la tierra por las actividades humanas, las selvas remanentes están predispuestas a sufrir una reducción de su tamaño, a aumentar su aislamiento e incrementar las áreas localizadas cerca del borde (Haddad et al., 2015).

Un análisis de la tasa global de fragmentación de ecosistemas boscosos, evidenció que cerca del 20% de la selva remanente está dentro de 100 metros de proximidad al borde, muy próximo a ambientes modificados por la agricultura,

ambientes urbanos, y otros, donde los impactos son más severos. Más del 70% está dentro de 1 km al borde. Las más mayores extensiones de selvas continuas remanentes se encuentran en el Amazonas y las cuencas del río Congo. Pero existen otras más pequeñas en tamaño pero que mantienen una distancia al borde mayor de un 1km, entre estas se encuentra el remanente de selva en la península de Yucatán, que incluye parte de Petén, Belice y México (Haddad et al., 2015).

La fragmentación del hábitat tiene el potencial de generar cambios en las poblaciones silvestres y en la ecología de las enfermedades infecciosas y parasitarias. Como se mencionó los parches van incrementando su aislamiento y su área de borde, y reducen su tamaño mientras se rodean de una matriz de diferentes tipos de ambientes modificados por las personas. Esto genera cambios en el tamaño y densidad de las poblaciones hospederas, restricción de movimiento, impedimento del flujo genético, aumento del efecto de borde, introducción de contaminación ambiental, limitación de la nutrición, mayor contacto y conflicto con las personas, estrés fisiológico y psicológico que afecta la inmunocompetencia (Hing, 2012) .

Se ha demostrado que altas densidades de poblaciones hospederas llevan a un aumento en la tasa de transmisión y en el éxito de la reproducción de parásitos. El aumento del efecto de borde, el cual se refiere a la interacción entre parches y la matriz adyacente, está asociada con varios micro y macro parásitos. En ecología de enfermedades se ha sugerido que parches más pequeños, aislados, y poco diversos están más predispuestos a invasiones de especies y de enfermedades infecciosas, afectando tanto especies nativas hospederas tanto de plantas como de animales (Suzán et al., 2012).

4.10 Efecto del cambio climático en las enfermedades infecciosas y parasitarias

En la medida que la temperatura promedio del planeta continua incrementándose, existirán cambios en la extensión e intensidad de las estaciones, y en los patrones de precipitación en términos de la cantidad anual total, de la distribución estacional y de la regularidad de un año a otro. Junto a estos cambios aumenta la probabilidad de que se incremente la frecuencia de eventos climatológicos extremos como sequías e inundaciones. Tanto los patógenos como sus vectores dependen de factores climáticos, incluyendo temperatura y humedad, para su reproducción y supervivencia. Los cambios en los patrones de temperatura, estacionalidad y precipitación pueden tener un impacto significativo, especialmente a nivel de patógenos y de vectores (FAO, 2013).

El cambio climático además de afectar la reproducción y supervivencia de los agentes patógenos también puede jugar un papel más o menos directo en la dinámica y ecología de las enfermedades en los sistemas naturales. Las inundaciones que acompañan las fuertes lluvias pueden aumentar la propagación de patógenos transmitidos por el agua, con lo que una mayor cantidad de animales se ven expuestos a infecciones potenciales. Al contrario, la reducción de las lluvias y sequías, puede hacer que los animales se congreguen alrededor de las fuentes limitadas de agua y alimento, con lo que aumenta la densidad de las poblaciones y la posibilidad de transmisión de patógenos y parásitos (OPS, 2013).

El incremento de la temperatura o eventos climáticos extremos además de afectar a los agentes patógenos, también puede afectar la capacidad de la respuesta inmune de los hospederos debido al estrés calórico o nutricional. Este último asociado a limitaciones en la disponibilidad y abundancia de alimento. Animales con inmunocompetencia reducida se pueden volver más susceptibles a fuertes cargas parasitarias (FAO, 2013).

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Cómo varía la carga parasitaria del tapir centroamericano en un ambiente fragmentado, casi aislado, versus, un ambiente continuo?

En general las poblaciones animales se encuentran amenazadas de extinción por las actividades humanas que generan un impacto en el paisaje, y alteran la estructura de este. Las principales amenazas a la diversidad biológica son la pérdida y fragmentación del hábitat, la sobreexplotación, y el ingreso de especies invasoras (Meffe & Carroll, 1997). La introducción de especies invasoras ha hecho evidente la importancia de las enfermedades infecciosas en la conservación de especies amenazadas. Sin embargo esta amenaza no es la única que puede vincularse con las enfermedades infecciosas o parasitarias, y generar impacto en las poblaciones animales. Un ambiente fragmentado, sobre todo si se trata de parches pequeños, genera efecto de borde y altas densidades poblacionales, que se traducen en restricción de movimiento y dispersión, lo cual genera disminución de la variabilidad genética y estrés en los individuos, lo que puede significar una disminución de la resistencia a enfermedades. A si mismo existe mayor interacción con otras especies (Arrivillaga et al., 2009; Medina Voguel, 2010; Suzán et al., 2012).

En la mayoría de animales silvestres existen comunidades parasitarias, estas sin embargo generalmente no provocan síntomas clínicos en los animales sanos, ya que la composición de especies y la abundancia de sus poblaciones no provocan daños al hospedero (Tompkins et al., 2011). Sin embargo al ocurrir alteraciones en el sistema inmune del hospedero, ya sea inducidas por el medio ambiente o no, puede producirse un desequilibrio que altere la composición y la abundancia en la comunidad de parásitos (Hing, 2012). Por tanto se esperaría una carga parasitaria mayor en un ambiente fragmentado versus un ambiente continuo (Suzán et al., 2012). Asumiendo que este fenómeno ocurre en PNLL, el cual se encuentra de un paisaje muy fragmentado, se esperaba encontrar individuos susceptibles a

enfermedades asociadas a un nivel inmune reducido y esto sería evidente por alteraciones en la carga parasitaria.

El BSMLZ, pertenece a un continuo de selva, por lo tanto la carga parasitaria no estaría alterada; pero tiene una condición que no está presente en PNLL: el ingreso de caballos. Los caballos están relacionados filogenéticamente con el Tapir, ya que ambas especies pertenecen al orden Perissodactyla (Nowak, 1999). Los caballos y otros animales domésticos al no ser propios del lugar, aumentarían el riesgo de intercambio de agentes infecciosos o parásitos. Al ser especies nuevas para los tapires, su sistema inmune no se encuentra preparado para contrarrestar la infección, pudiendo producirse la enfermedad clínica. En el caso de parásitos gastrointestinales, esperaríamos una carga parasitaria elevada. Para el diseño experimental se tomó en cuenta únicamente el grado de fragmentación del hábitat, y como efecto de este se midió la distancia mínima al borde. La presencia de caballos fue considerada en el análisis de la información por el potencial que posee de alterar la carga parasitaria igual o mayor a la condición de fragmentación.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

- Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL)

Este se ubica en el Municipio de Cobán, Departamento de Alta Verapaz (figura 1). Se localiza entre los ríos Chixoy e Icbolay, limitando con estos al norte, oeste y este. Al sur limita con las montañas La Sultana. Posee una extensión de 13,851 hectáreas. La vegetación del área está clasificada dentro de selva muy húmeda-subtropical cálida y selva subtropical pluvial. Dentro de los sitios de importancia se encuentra la Laguna de Lachuá, ríos Peyán, Lachuá e Icbolay, las montañas La Sultana y Peyán, además de selvas inundados, ecosistemas de la serranía y varios humedales (INAB, 2003).

- Biotopo Protegido San Miguel La Palotada el Zotz (BSMLZ)

Este se ubica en el municipio de Flores, Departamento de Petén. Limita al oeste con el Parque Nacional Tikal y al norte con el Parque Mirador Río Azul y Biotopo Dos Lagunas (figura 1). Posee una extensión de 49,500 hectáreas. La vegetación del área está clasificada dentro de selva húmedo-subtropical cálido. Dentro de los sitios de importancia se encuentra la laguna El Guineo al sureste, y la laguna El Palmar al este. Cuenta con dos aguadas importante La Cumbre, al este y el Pucté al noroeste. Dentro de este se encuentras varios sitios arqueológicos (Ixcot, 2005).

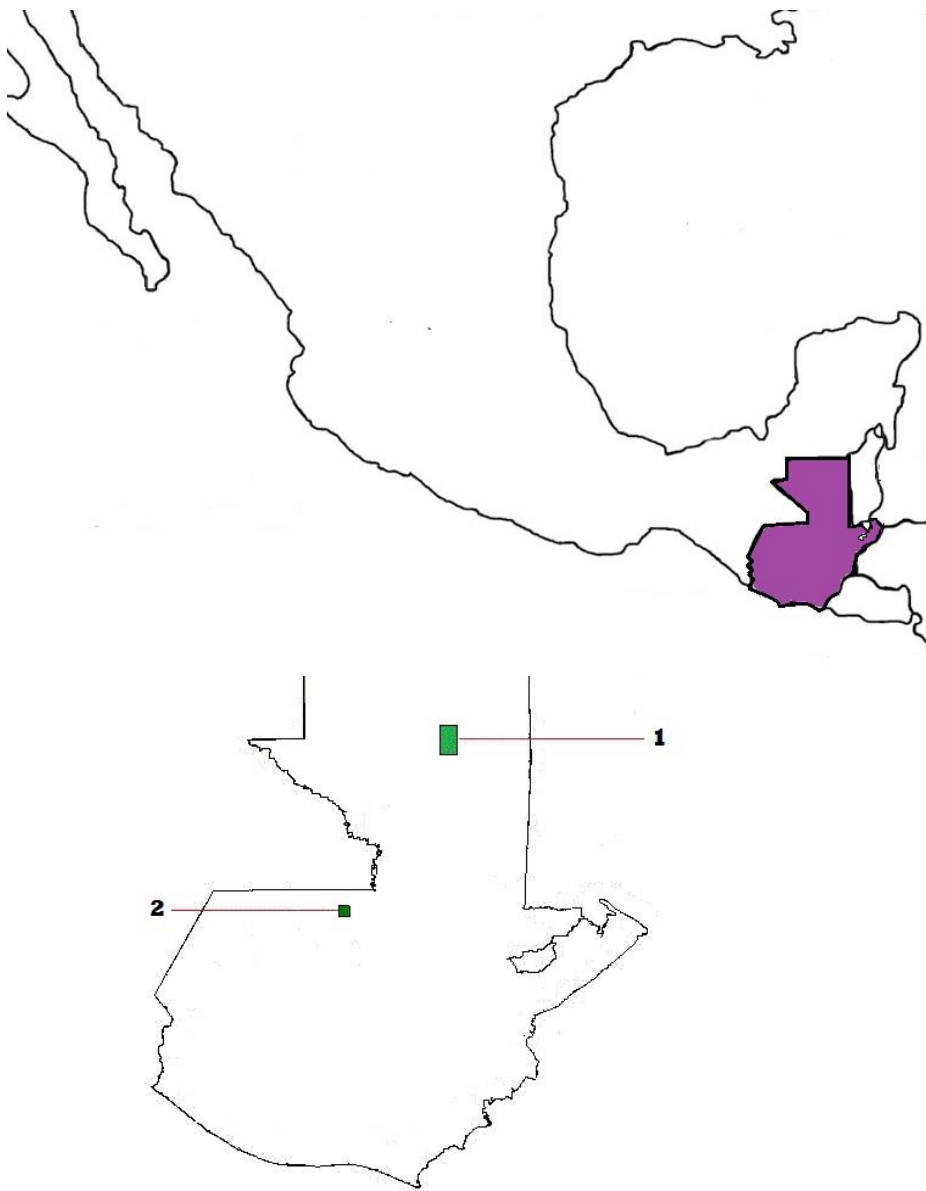


Figura 1 Mapa Localización sitios de estudio de la carga parasitaria en las poblaciones de tapir (*Tapirella bairdii*), Biotopo Protegido San Miguel La Palotada Zotz – BSMLZ (1) y Parque Nacional Laguna Lachuá- PNLL (2)

Fuente: Elaboración propia

6.2 Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques (Leps & Smilauer, 2003). Considerando dos condiciones de paisaje, uno fragmentado y uno continuo (figura 2 y 3); y una condición climática: época seca (finales de Febrero a Agosto).

Cuadro 1 Esquema del Diseño experimental

Época	Ambiente	
	Fragmentado PNLL	Continuo BSMLZ
Seca	4 réplicas en 2 muestreos	8 réplicas en 2 muestreos

Unidad Experimental (Replica): una letrina.

De cada unidad experimental se tomó una muestra de 100 gr de heces fecales frescas, 24-48 horas máximas de antigüedad. En BSMLZ se obtuvieron 8 muestras y en PNLL se obtuvieron 4 muestras.

Variables: fragmentación y la presencia de animales domésticos emparentados.

Variable Respuesta: carga parasitaria (composición y abundancia).

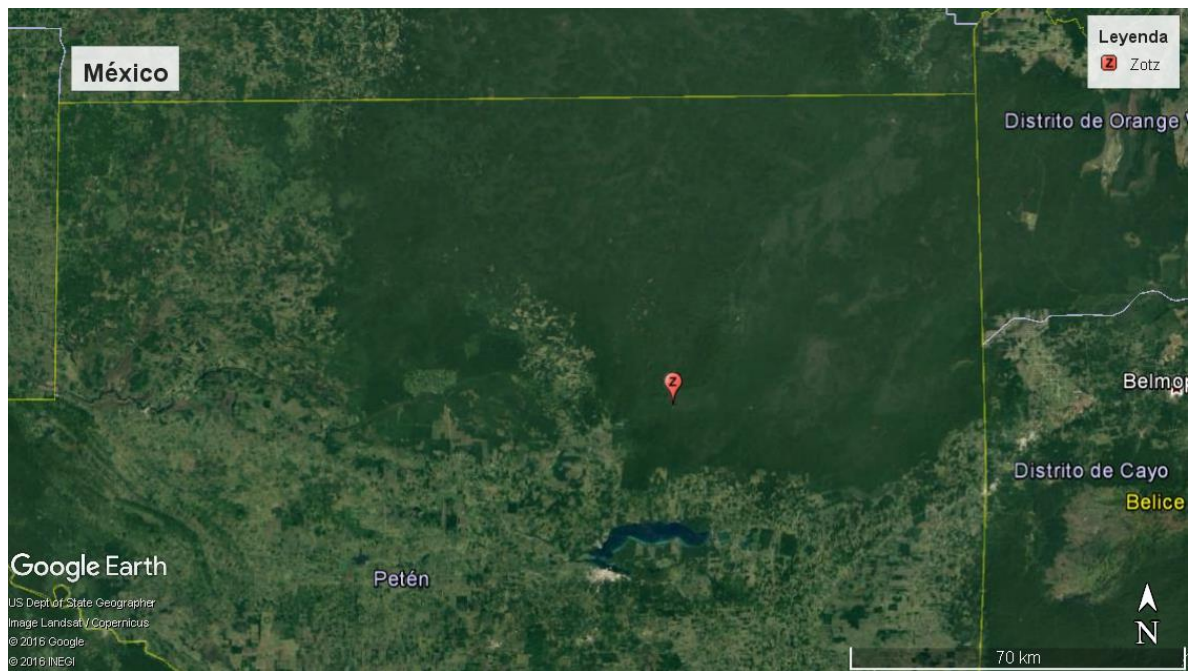


Figura 2 Continuo de selva donde se localiza el Biotopo San Miguel La Palotada Zotz BSMLZ, lugar de muestreo del estudio de carga parasitaria en su poblaciones de tapires (*Tapirella bairdii*)

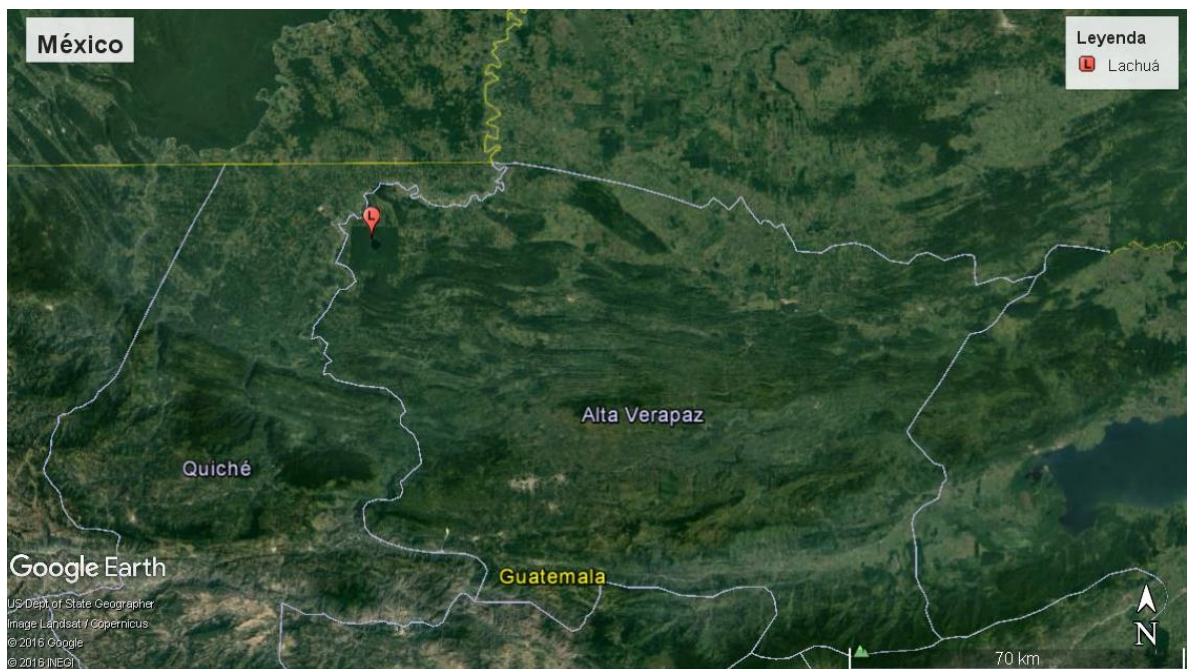


Figura 3 Mapa paisaje fragmentado donde se localiza el Parque Nacional Laguna Lachuá PNLL, lugar de muestreo del estudio de carga parasitaria en su poblaciones de tapires (*Tapirella bairdii*)

6.3 Materiales

Toma de Muestra

- Guantes de Látex desechables
- Frascos plásticos para contención de muestras (12 muestras)
- Cucharas plásticas
- Pinzas de disección
- Formalina 10%
- Alcohol etílico 96%
- Marcador indeleble
- Masking Tape
- Hielera

Prueba de Flotación

- Guantes de Látex desechables
- Muestras de heces fecales
- Mortero
- Beaker
- Solución sobresaturada de azúcar
- Frascos de vidrio pequeños
- Colador
- Láminas portaobjetos
- Láminas cubreobjetos
- Microscopio

Método Cuantitativo de McMaster

- Cámara de McMaster
- Gotero
- Mortero con pistilo

- Tamiz
- Beaker
- Solución sobresaturada de azúcar

Método de Hagarua Ueno

- Aserrín estéril
- Frasco pequeño de boca ancha
- Caja de Petri
- Lápiz
- Pipeta Pasteur
- Lamina portaobjetos
- Lugol parasitológico

Determinación Taxonómica

- Guías de Identificación de Nematodos de équidos Domésticos (Zajac & Conboy, 2012) (Figueroa Hernández & Rodríguez Zea, 2007)
- Cámara Fotográfica NIKON D3300
- Adaptador para microscopio NIKON A14NikonSLR
- Artículos sobre parásitos de Tapir (Cruz Aldán et al., 2006)

6.4 Identificación de sitios y letrinas dentro de cada área

Para poder identificar las letrinas, primero se buscó sitios con reportes previos de rastros de tapir (Huellas, excretas, pasaderos y alteraciones de la vegetación provocadas por éste). Para obtener esta información se contó con el apoyo de guardarrrecursos del área. En PNLL fueron identificadas en total dos letrinas al igual que en BSMLZ. De todos los sitios muestreados solo estos se les llamaron Letrinas por tener grandes cantidades de excretas con diferentes tiempos de antigüedad.

Cada sitio de donde se obtuvo una muestra, se identificó por el cuerpo de agua al que se encontraba próximo. Estos cuerpos de agua constituyeron los sitios de búsqueda y monitoreo en cada recoleta. Se identificaron en total cinco sitios para la PNLL, Río Ilusión, Río Escondido, Río Peyán, Río Machaca y Arroyo Tapir (figura 4); y tres sitios para el BSMLZ, Laguna Palmar, Aguada La Muertecita en el esquinero, y Aguada del Cedro (figura 5). Se establecieron sitios prioritarios en base a contar con excretas y fuerte presencia del tapir, los cuales fueron visitados en cada recoleta. Otros sitios identificados solo fueron visitados una vez. En el sitio de cada muestra se tomó la coordenada geográfica GPS.

En Río Escondido se colocaron 3 cámaras trampa para monitorear la actividad cerca de la letrina identificada.

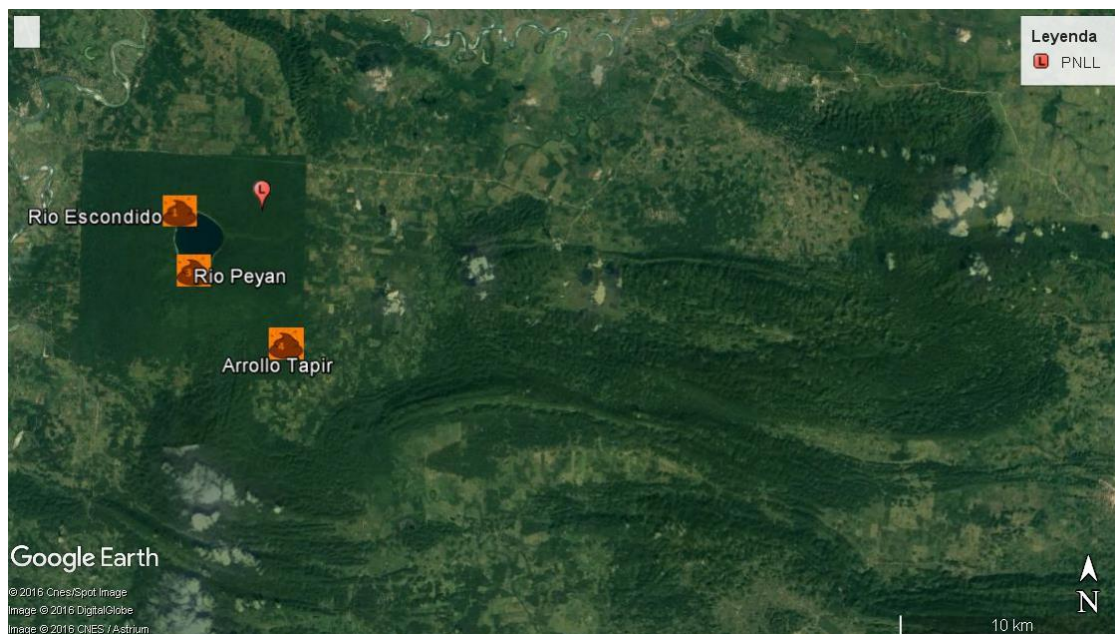


Figura 4 Mapa localización de sitios de muestreo de heces fecales para la evaluación de la carga parasitaria de la población de tapires (*Tapirella bairdii*) Parque Nacional Laguna Lachuá PNLL

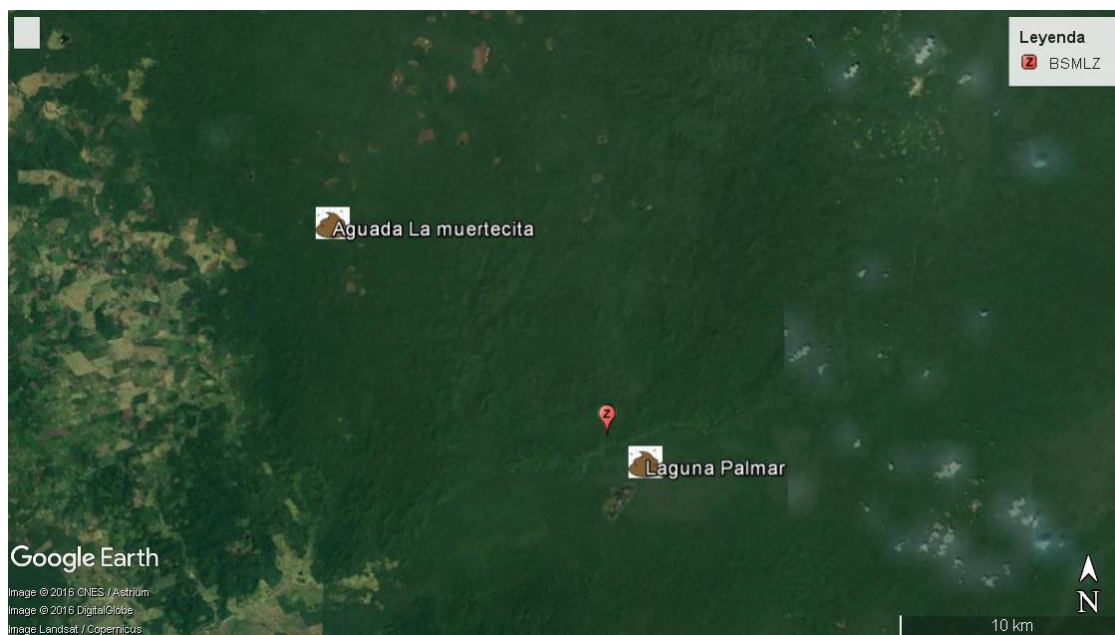


Figura 5 Mapa localización de sitios de muestreo de heces fecales para la evaluación de la carga parasitaria de la población de tapires (*Tapirella bairdii*) del Biotopo Protegido San Miguel La Palotada Zotz.

6.5 Toma de muestras

1. Se evaluó que la muestra estuviera fresca (Olor, color, humedad, ausencia de larvas de insectos).
2. Utilizando guantes desechables y ayudándose con la cuchara se tomó 100 gramos de material fecal de la superficie, para lo cual se evitó tomar las porciones que estaban en contacto con el suelo, y luego se colocó dentro del frasco rojo.
3. Se añadió 1 ml de formalina por cada 10 gr de heces.
4. Se etiquetaron las muestras de acuerdo a un número correlativo, fecha, sitio y coordenadas geográficas GPS (figura 6, 7 y 8).
5. Y se almacenaron dentro de la hielera.

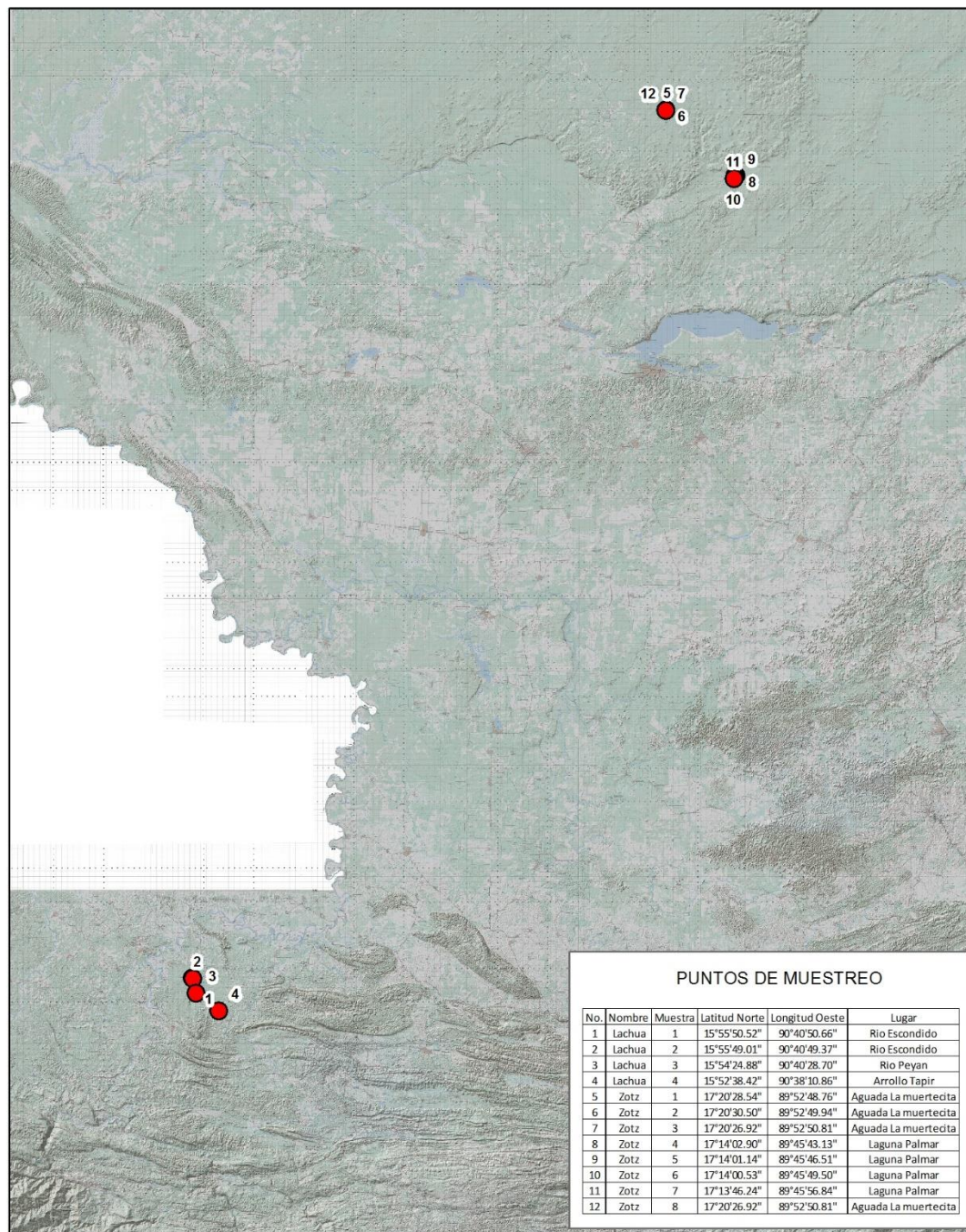


Figura 6 Mapa localización de los puntos de colecta de muestras de heces fecales de Tapir (*Tapirella bairdii*). Las primeras cuatro corresponden al PNLL, y de las cinco a la doce corresponden al BSMZL.

Fuente: Centro de Datos para la Conservación-CECON-USCAC- 2016, Elaborado por Daunno Chew

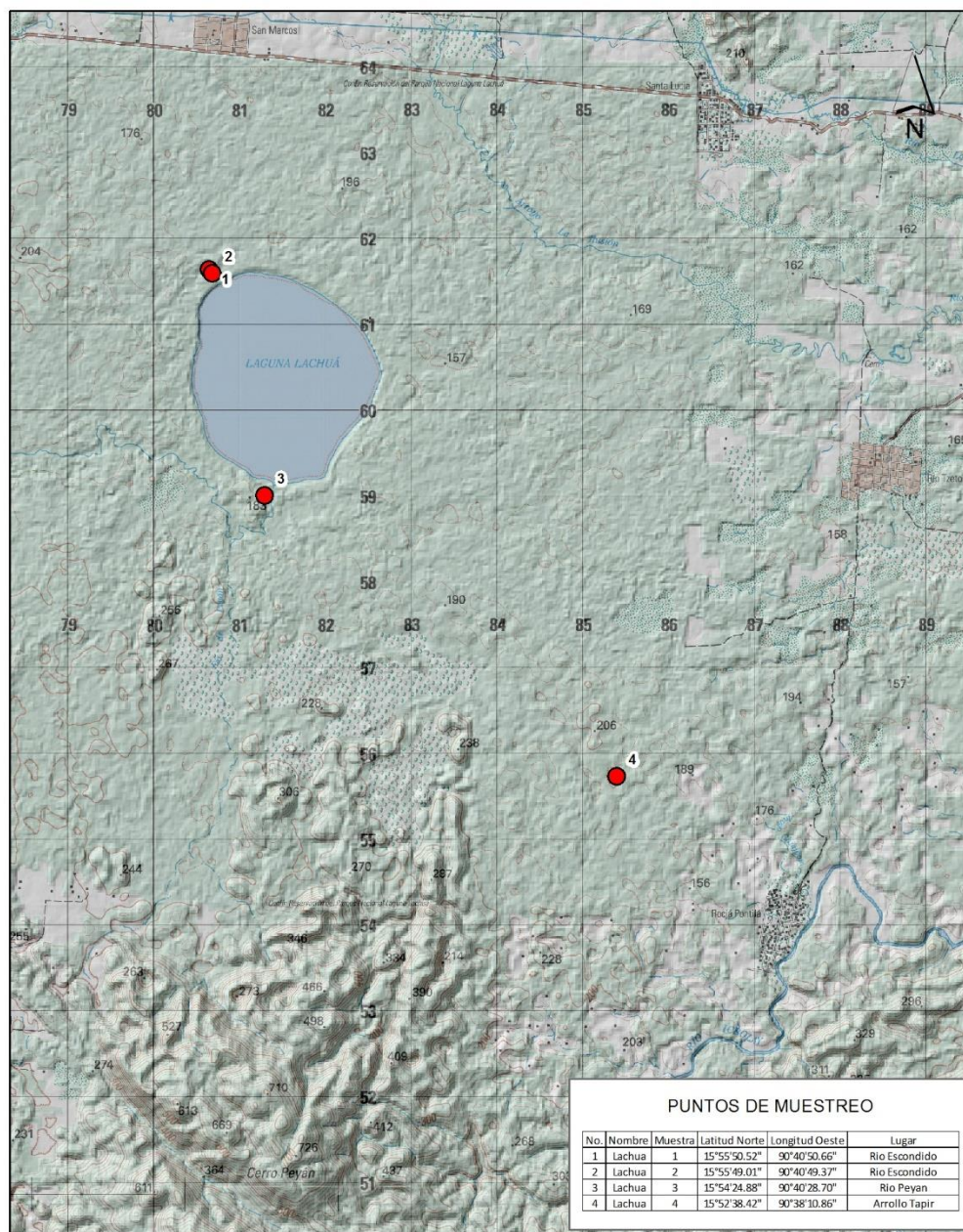


Figura 7 Mapa Sitios de toma de muestras de heces fecales de Tapir (*Tapirella bairdii*) en el Parque Nacional Laguna Lachúa, Alta Verapaz, Guatemala.

Fuente: Centro de Datos para la Conservación-CECON-USCAC- 2016, Elaborado por Daunno Chew

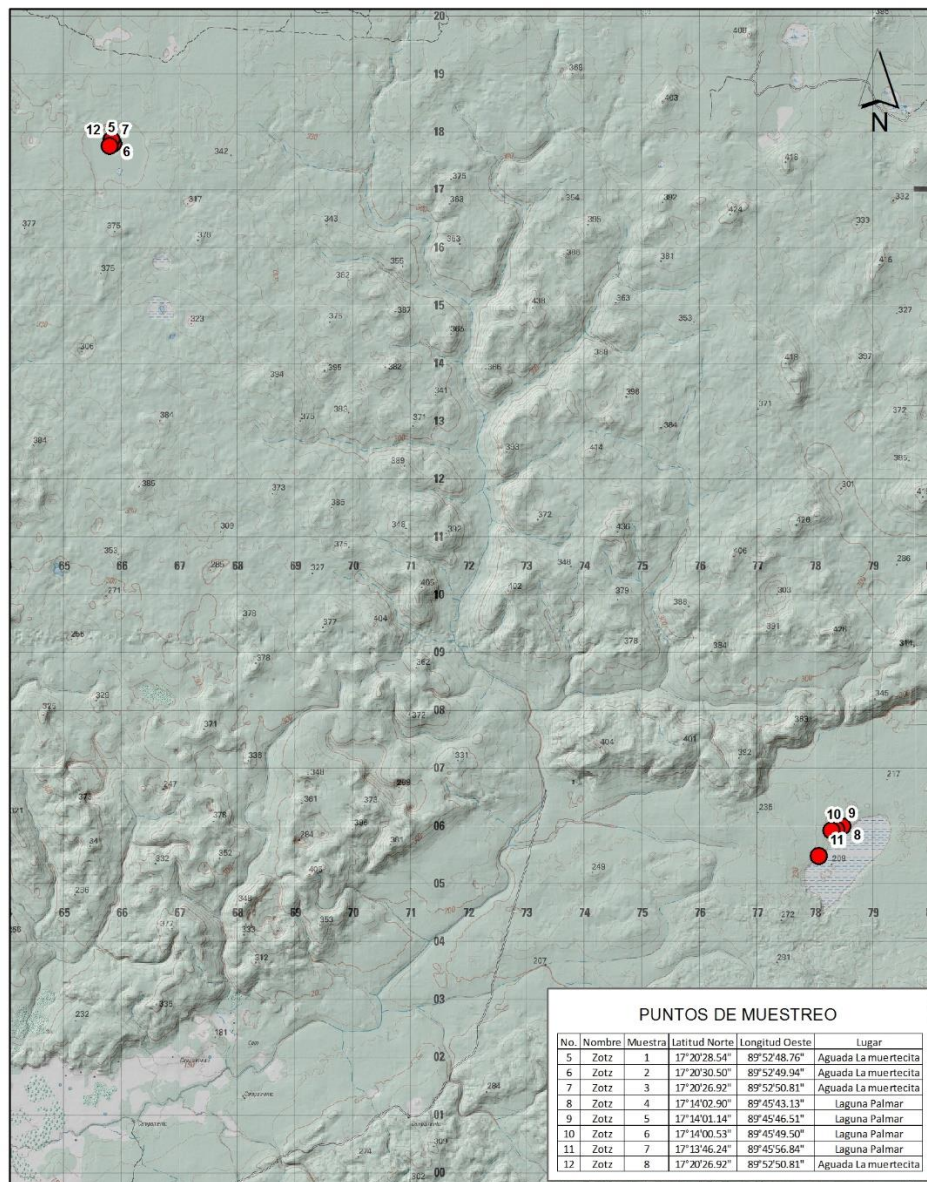


Figura 8 Mapa sitios de toma de muestras de heces fecales de Tapir (*Tapirella bairdii*) en el Biotopo Protegido San Miguel La Palotada Zotz BSMLZ, Petén, Guatemala

Fuente: Centro de Datos para la Conservación-CECON-USCAC- 2016, Elaborado por Daunno Chew

6.6 Estimación de la composición de la carga parasitaria

Para identificar los géneros presentes en la carga parasitaria de cada muestra obtenida, se utilizó la prueba de flotación. Esta prueba utiliza una solución de peso específico mayor que el agua, lo que provoca que diferentes estructuras de parásitos floten, lo que permite observar con facilidad la morfología de quistes de protozoos, huevos de helmintos, y así proceder a la determinación taxonómica de estos (Besné Mérida et al., 2006).

Para la determinación taxonómica se utilizaron las “Guías de identificación de helmintos de équidos domésticos” (Zajac & Conboy, 2012).

6.6.1 Prueba de flotación

Para esta prueba se desarrollaron los siguientes pasos:

1. Se homogenizó la muestra.
2. Se tomaron dos gramos aproximadamente de la muestra y se colocaron en el mortero.
3. Se agregó 15 cc de solución sobresaturada de azúcar, y se homogenizó hasta que se logró una suspensión adecuada.
4. Se tamizó con un colador corriente y el filtrado era depositado en un beaker pequeño.
5. Se colocó el filtrado en un tubo de fondo plano de aproximadamente 10 cc de capacidad, procurando que el menisco fuese convexo.
6. Se colocó un cubreobjetos sobre el menisco y se dejó reposar 15 minutos.
7. Se colocó el cubreobjetos sobre una lámina portaobjetos y se observó en el microscopio utilizando el lente 40X.
8. La muestra se enfocaba en uno de los extremos y observó en zigzag.
9. Se identificaron los huevos encontrados en base a su morforlogía.

10. Se determinó el grado de infestación (Figueroa Hernández & Rodríguez Zea, 2007). Este procedimiento se repitió cuatro veces por cada muestra. En las muestras negativas se repitió 6 veces. Cada vez con una fracción no examinada de la muestra.

Las muestras procedentes de BSMLZ, fueron procesadas el método de Hagarua Ueno. Este consistió en un cultivo de larvas de helmintos lo cual facilitó la identificación de las especies presentes en la muestra. Una de las muestras obtenidas en PNLL fue procesada al final del estudio con este método. Este método facilita identificar los nematodos gastrointestinales sobre todo del orden Strongylidae (Besné Mérida et al., 2006).

6.6.2 Método de Hagarua Ueno

Los pasos seguidos para aplicar el método se describen a continuación:

1. Se recolectaron 10-20 gramos de heces de la muestra antes de agregarle formalina.
2. Se mezclaban las heces con aserrín estéril dentro del frasco y se homogenizaba, dejando un espacio al centro de la muestra.
3. Se incubaron durante 7-12 días a temperatura de 25-27°C, procurando que la muestra no se reseca agregando agua.
4. Tras el período de incubación se quitó la tapa y se agregó agua a 37°C, luego se colocó una caja de Petri sobre el frasco y se dejó invertida.
5. Se dejó reposar 30 minutos, luego se alzó la placa con un lápiz a modo de que quedara inclinada.
6. Se tomó una pequeña cantidad de la muestra con una pipeta Pasteur y se depositó en una lámina portaobjetos.
7. Se observó al microscopio con el objetivo 40X.

8. Tras la primera observación se agregaba Lugol parasitológico. (Figueroa Hernández & Rodríguez Zea, 2007).

6.7 Estimación de la abundancia de la carga parasitaria:

Para obtener la abundancia de cada género identificado en la prueba de flotación, se utilizó el método de McMaster. Este método permite determinar el número de ooquistes de protozoarios y huevos de helmintos por gramo de heces. Este utiliza la misma solución de la prueba de flotación, y se emplea una cámara de McMaster, la cual consiste en un portaobjetos y un cubreobjetos unidos, formando dos cámaras, cada una con una profundidad de 1.5 mm y una capacidad de 0.15 ml. Cada cámara tiene marcado 1 cm² con seis divisiones, las cuales guían el conteo. La capacidad de la cámara corresponde a una centésima parte de la dilución original (Besné Mérida et al., 2006). Este procedimiento se realizó un mínimo de 4 veces por cada muestra. Los resultados fueron promediados.

6.7.1 Método cuantitativo de McMaster

1. Se homogenizó la muestra.
2. Se tomaron dos gramos aproximadamente de la muestra se colocaron en el mortero.
3. Se agregó 15 cc de solución sobresaturada de azúcar, y se homogenizó hasta lograr una suspensión adecuada.
4. Se tamizó con un colador corriente y el filtrado fue depositado en un beaker pequeño.
5. Se llenó con el gotero las cámaras de McMaster evitando la presencia de burbujas.

6. Se dejó en reposo 3-5 minutos para permitir que los huevos se ubicaron en la superficie y fue llevado al microscopio, el cual se enfocaba en 10X y se contaron los huevos por celda.
7. Tras leer las dos celdas se multiplicó el conteo por 50.
8. El resultado obtenido son huevos/gramo de heces. (Figueroa Hernández & Rodríguez Zea, 2007)

6.8 Medidas de fragmentación de hábitat

Se utilizó la distancia menor al borde como medida de fragmentación. Los sitios donde se colectaron las muestras fueron geo-referenciados con el sistema de posicionamiento global (GPS). A partir de cada punto donde se tomaba la muestra, se modelo un mapa en el programa ARCGIS 10.3. En este mapa se midió la distancia menor al borde.

6.9 Análisis de la composición y abundancia de la carga parasitaria

Las muestras fueron comparadas por el número de ítems identificados en cada una, tanto especies como morfoespecies. El número de ítems fue el único valor numérico comparable en todas las muestras. Cuando tenemos un listado de ítems (especies y morfoespecies) que ocurren en una comunidad, el siguiente paso es determinar si las comunidades pueden ser clasificadas. Una de las formas es con una medida de similitud. El primer paso para comenzar el proceso de medición de similitud es calcular el índice de diversidad, en este caso se utilizó Coeficiente de Jaccard, el cual es un coeficiente binario que utiliza una tabla de contingencia que se basa en datos de presencia/ausencia. Luego se realiza un agrupamiento jerárquico de las muestras, y el análisis del efecto de fragmentación.

Los ítems que se identificaron hasta especie se compararon con especies que están reportadas en la literatura para équidos y animales domésticos, para identificar elementos compartidos.

En base a las abundancias se realizó el índice modificado de Shannon. El índice de diversidad de Shannon es una medida de entropía, que mide el grado de incertidumbre para predecir la identidad de un individuo respecto a su especie, cuando es seleccionado al azar en una comunidad. Una comunidad donde todas las especies tienen la misma abundancia tendrá una alta entropía, pero esto no es igual a decir que es una muestra altamente diversa. Al poner el valor de Shannon como exponencial, nos permite conocer la influencia que tienen las especies comunes o raras en la medida de la diversidad. Es decir que especies provocan la diversidad, quienes gobiernan el valor de Shannon obtenido.

6.10 Análisis de la fragmentación y la carga parasitaria

Se evaluó si las muestras situadas a menor distancia al borde tenían mayor número de ítems (especies y morfoespecies). Para poder hacer evidente si existía esta relación se realizó un modelo lineal generalizado. Este modelo muestra de una manera gráfica la relación entre ambas variables.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Composición carga parasitaria

Del total de 12 muestras obtenidas, tres fueron negativas. Estas tres muestras corresponden al mismo sitio, Laguna Palmar en BSMLZ. En PNLL se obtuvieron cuatro muestras y el 100% fueron positivas por lo menos a un nematodo gastrointestinal. En BSMLZ se obtuvieron ocho muestras de las cuales el 62.5% (5) fueron positivas.

En las nueve muestras positivas se identificaron un total de siete tipos de huevos o larvas de nematodos o ítems: *Trichuris* sp.1 (figura.15), *Trichostrongylus* sp.1 (figura 13 y 14), dos especies *S. vulgaris* (figura 15) y *P. equorum* (figura 11), y tres morfoespecies de *Strongylus* sp. (figura 9, 10, 11)

En PNLL se identificó huevos de *Trichuris* sp 1. (figura 14), larvas de *S. vulgaris* (figura 13) y huevos de dos morfoespecies de *Strongylus* sp. (figura 9 y 10). Los huevos tipo *Strongylus* identificados en PNLL tenían marcadas diferencias en forma y tamaño, además las proporciones de estos en los resultados de cada muestra variaban notablemente. Como no se pudo identificar la especie, y era necesario diferenciarlos se le colocó morfoespecie 1, al que registro un tamaño promedio de 20x80 micras y morfoespecie 2, al de mayor tamaño de promedio 61x154 micras. Otra diferencia que se observó entre ambos fue la resistencia, los *Strongylus* morfoespecie 1 se destruían en las láminas preparadas con medio Hoyer y selladas con esmalte de uñas o bien solo selladas, al transcurrir 24 horas. De las cuatro muestras de PNLL las dos morfoespecies de *Strongylus* estuvieron presentes en casi todas las muestras, a excepción de la muestra uno en la cual solo se logró observar *Strongylus* sp.2 (morfoespecie 2). *Trichuris* sp. 1 y *S. vulgaris* fueron identificados únicamente en la muestra cuatro (tabla 1). *S. vulgaris* se

identificó en el método de Hakarua Ueno (figura 15), la muestra cuatro fue la única donde fue aplicada esta técnica.

En BSMLZ larvas de *Trichostrongylus* sp.1 (figura 13,14, y 16) fueron observadas en cuatro de las cinco muestras positivas (muestras cinco, seis, siete, y doce) y fue detectado únicamente tras el cultivo por el método de Hakarua Ueno; Huevos de *P. equorum* (figura 11) fueron observados en dos muestras, la cinco y seis. Un único huevo *Strongylus* sp. 3 (morfoespecie 3) (figura 11) fue observada en una de las muestras, la 10. Esta última es la única que no comparte elementos con ninguna otra muestra tanto en BSMLZ como con las muestras de PNLL (cuadro 2).

Cuadro 2 Composición de la carga parasitaria: especies y morfoespecies de nematodos gastrointestinales identificados en las muestras de heces de tapires de Laguna PNLL y Biotopo BSMLZ

No. muestra	Localidad	Sitio	Coordenadas GPS	Fecha	Resultado	Especies Encontradas	Grado de infestación
1	PNLL	Río Escondido	N 15°55'50.52" W 90°40'50.66"	02/03/2016	Positiva	<i>Strongylus</i> sp.2 (Morfoespecie 2)	+
2			N 15°55'49.01" W 90°40'49.37"	02/03/2016	Positiva	<i>Strongylus</i> sp.1 <i>Strongylus</i> sp.2	++
3		Río Peyán	N 15°54'24.88" W 90°40'28.70"	03/03/2016	Positiva	(Morfoespecies 1 y 2)	+++
4		Arroyo Tapir	N 15°52'38.42" W 90°38'10.86"	27/05/2016	Positiva	<i>Strongylus</i> sp. 1 <i>Strongylus</i> sp. 2 (Morfoespecies 1 y 2) <i>Trichuris</i> sp. <i>Strongylus vulgaris</i>	+++
5	BSMLZ	Aguada La Muertecita	N 17°20'28.54" W 89°52'48.76"	14/04/2016	Positiva	<i>Parascaris equorum</i> <i>Trichostrongylus</i> sp.	+
6			N 17°20'30.50" W 89°52'49.94"	14/04/2016	Positiva	<i>Parascaris equorum</i> <i>Trichostrongylus</i> sp.	+
7			N 17°20'26.92" W 89°52'50.81"	14/04/2016	Positiva	<i>Trichostrongylus</i> sp.	+
8		Laguna Palmar	N 17°14'02.90" W 89°45'43.13"	15/04/2016	Negativa	-----	-
9			N 17°14'01.14" W 89°45'46.51"	07/06/2016	Negativa	-----	-
10			N 17°14'00.53" W 89°45'49.50"	07/06/2016	Positiva	<i>Strongylus</i> sp.3 (Morfoespecie 3)	+
11			N 17°13'46.24" W 89°45'56.84"	07/06/2016	Negativa	-----	-
12		Aguada La Muertecita	N 17°20'26.92" W 89°52'50.81"	09/06/2016	Positiva	<i>Trichostrongylus</i> sp.	+

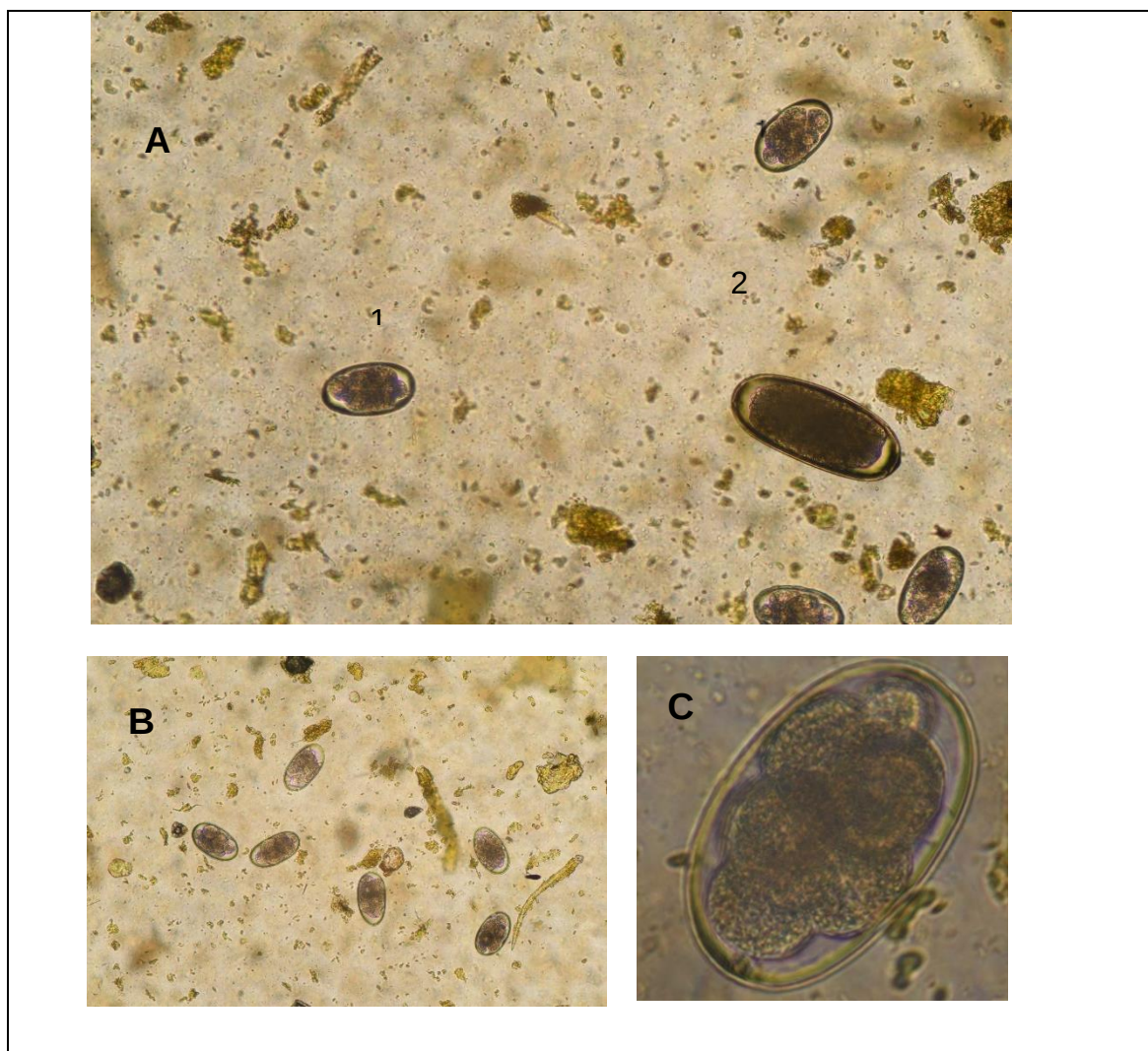


Figura 9 Huevos *Strongylus* obtenidos de heces frescas de Tapir en PNLL; procesadas por metodo de flotacion con solución sobresaturada de azúcar. (A) 1 Huevo *Strongylus* sp. 1 (Morfoespecie 1). 2 Huevo *Strongylus* sp. 2 (Morfoespecie 2) en objetivo 10x. (B) Huevo *Strongylus* sp.1 (Morfoespecie 1) en objetivo 10x. (C) Huevo *Strongylus* sp.1 (Morfoespecie 1) en objetivo 40x.

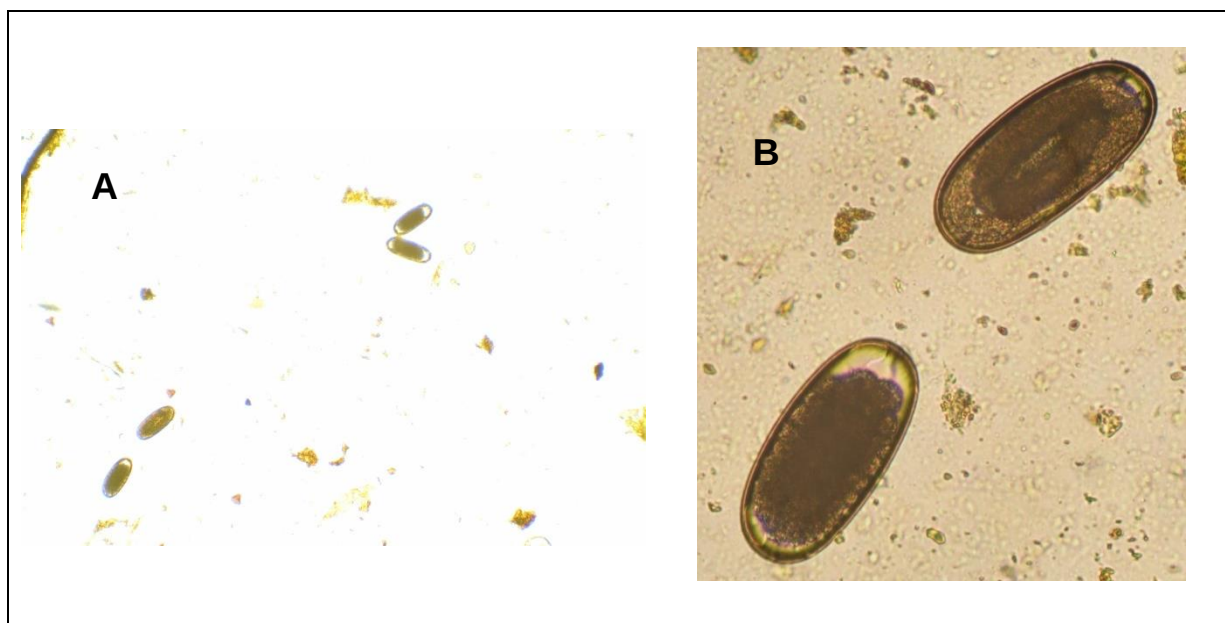


Figura 10 Huevo *Strongylus* sp.2 (Morfoespecie 2) obtenidos de heces frescas de Tapir en PNLL y procesada por metodo de flotacion con solución sobresaturada de azúcar (A) Objetivo 4X (B) Objetivo 10X.

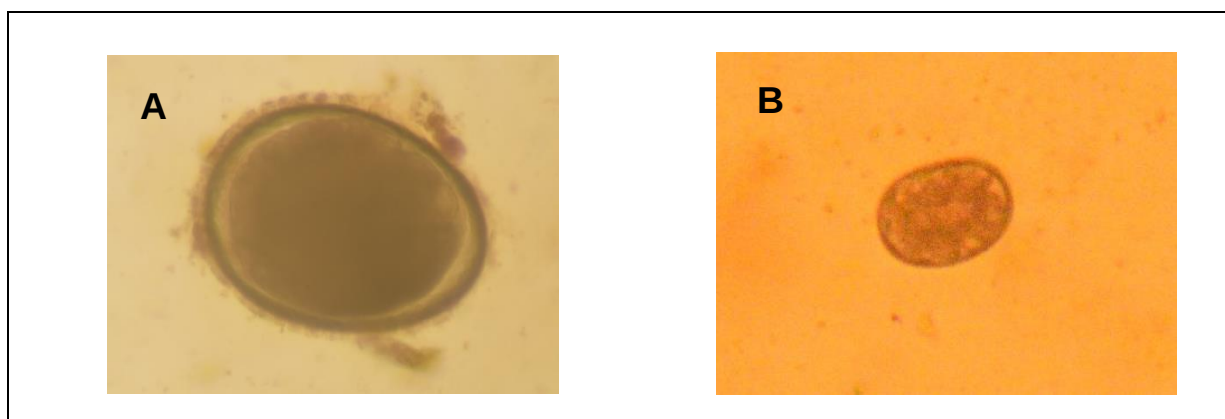


Figura 11 Huevos de nematodos gastrointestinales obtenidos de heces frescas de Tapir en BSMLZ y procesadas por metodo de flotacion con solución sobresaturada de azúcar. (A) *P. equorum* en objetivo 10x. (B) *Strongylus* sp.3 (morfoespecie 3) Objetivo 10x.

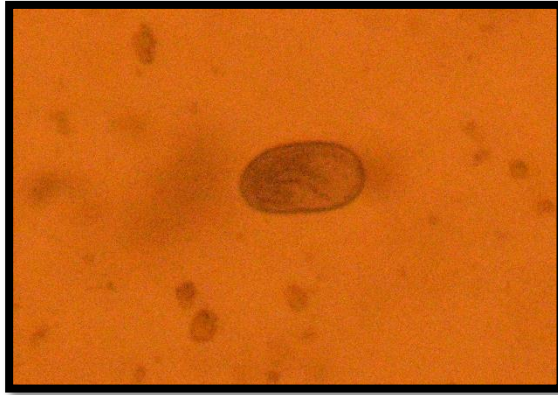


Figura 12 Huevo *Strongylus* sp. Objetivo 10x. Huevo obtenido de heces de caballo en BSMLZ y procesadas por metodo de McMaster con solución sobresaturada de azúcar.



Figura 13 Larva *Trichostrongylus* sp. Cultivada en Hakarua Ueno a partir de heces frescas de Tapir en BSMLZ. Objetivo 10x.



Figura 14 Larva *Trichostrongylus* sp., cultivada en Hakarua Ueno a partir de heces frescas de Tapir en BSMLZ. Objetivo 10x.

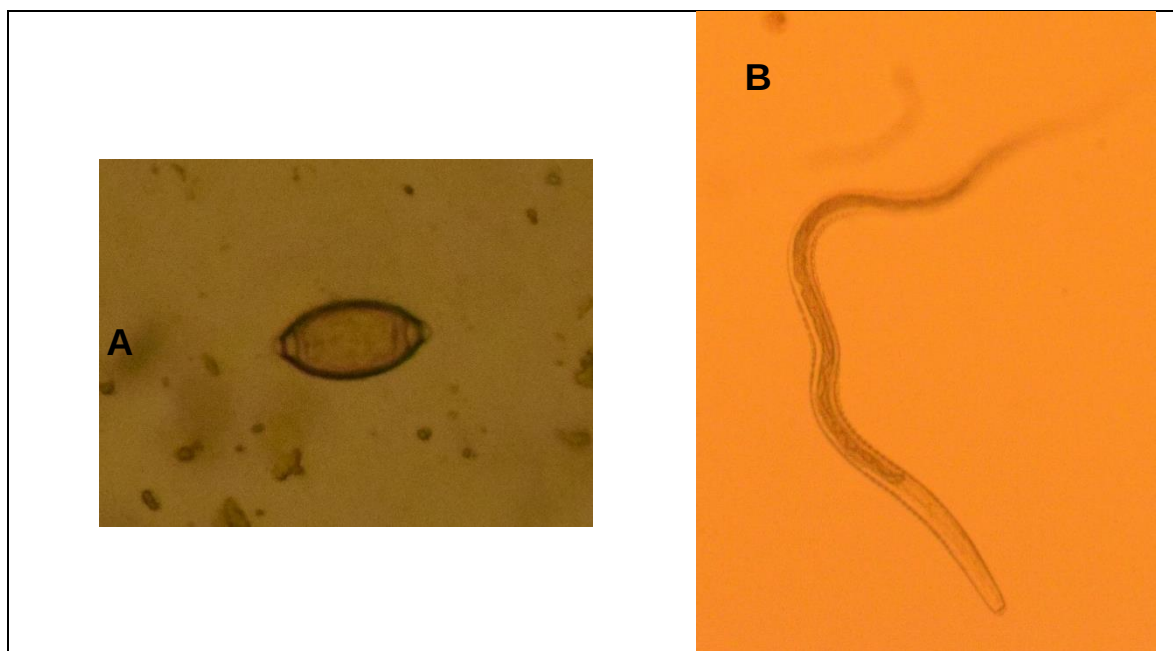


Figura 15 Nematodos gastrointestinales identificados de heces frescas de Tapir en PNLL, Arroyo Tapir. (A) Huevo *Trichuris* sp.1 Único huevo, muestra procesada por metodo de flotacion con solución sobresaturada de azúcar. Objetivo 10x. (B) Larva *S. vulgaris*. Cultivada en Hakarua Ueno a partir de heces frescas de Tapir. Objetivo 10x



Figura 16 Larva *Trichostrongylus* sp. Cultivada en Hakarua Ueno a partir de heces frescas de Tapir en BSMLZ. Objetivo 10x.

7.2 Abundancia en la carga parasitaria

La abundancia de la carga parasitaria solo fue detectable con McMaster para las muestras de PNLL y una de BSMLZ. La primera muestra de PNLL tuvo una abundancia promedio de 125 huevos /gramo de heces, todos *Strongylus* sp.2., el 10% larvados. La segunda muestra el resultado promedio de las mediciones realizadas fue de 1900 huevos/gramo de heces, 22% *Strongylus* sp.1, 78% *Strongylus* sp.2 (5% larvados). La muestra tres obtuvo el promedio más elevado, 3075 huevos /gramo de heces, 87.8% *Strongylus* sp.1, 12.2% *Strongylus* sp.2 (4.5% larvados). La muestra cuatro a pesar de haber sido identificado tres morfoespecies y una especie, solo *Strongylus* sp.1 pudo ser cuantificada, dando un promedio de 2012 huevos (cuadro 3).

En BSMLZ la muestra cinco, positiva a *P. equorum*, obtuvo una única medición de 50 huevos/gramo de heces (cuadro 4).

Cuadro 3 Promedios de la abundancia huevos por gramo de heces obtenidos con el método McMaster de la carga parasitaria en las muestras de tapires de PNLL

		<i>Strongylus</i> sp. Morfoespecie 1 (40x80 u)		<i>Strongylus</i> sp. Morfoespecie 2 (64x157 u)		<i>Strongylus</i> sp. Morfoespecie 2 LARVADOS (64x157 u)		<i>Trichuris</i> sp.		<i>Strongylus</i> <i>vulgaris</i>		Total Muestra
		Huevos/ gr heces	%	Huevos/ gr heces	%	Huevos/ gr heces	%	Huevos/ gr heces	%	Huevos/gr heces	%	Huevos/ gr heces
1	Río Escondido N 15°55'50.52" W 90°40'50.66" 02/03/2016	0	0	112.5	90	12.5	10	0	0	0	0	125
2	Río Escondido N 15°55'49.01" W 90°40'49.37" 02/03/2016	425	22	1387.5	73	87.5	5	0	0	0	0	1900
3	Río Peyán N 15°54'24.88" W 90°40'28.70" 03/03/2016	2700	87.8	237.5	7.72	137.5	4	0	0	0	0	3075
4	Arroyo Tapir N 15°52'38.42" W 90°38'10.86" 27/05/2016	2012	100	0	0	0	0	0	0	0	0	2012

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4 Promedios de la abundancia huevos por gramo de heces obtenidos con el método McMaster de la carga parasitaria en las muestras de tapires de BSMLZ

		<i>Parascaris equorum</i>		<i>Strongylus</i> sp.3		<i>Trichostrongylus</i> sp.		Total Muestra
		Huevos/gr heces	%	Huevos/gr heces	%	Huevos/gr heces	%	Huevos/gr heces
5	Aguada La Muertecita N 17°20'28.54" W 89°52'48.76" 14/04/2016	50	100	0	0	0	0	50

Fuente: elaboración propia.

7.3 Composición y comparación de las especies encontradas en heces de tapir con las reportadas en equinos y otros animales domésticos

Las primeras tres morfoespecies de *Strongylus*, al no conocer la especie no podemos comparar si son comunes con especies domésticas o si son propias del tapir y de la región.

Parascaris equorum y *Strongylus vulgaris* son especies reportadas para équidos domésticos en la literatura. *S. vulgaris* es especialmente una especie muy patógena en caballos domésticos. (Quiroz Romero, 2005). *Trichostrongylus* sp., es un género reportado tanto en équidos como en animales domésticos. *Trichuris* sp. es un género reportado en la literatura para animales domésticos.

Durante los muestreos en BSMLZ, se encontró una muestra de caballo cerca de los campamentos del IDEA; esta se observó poco húmeda probablemente por su antigüedad, en esta muestra se observaron pocos huevos de *Strongylus* sp. (figura 12). La abundancia fue de 150 huevos por gramo de heces. Al cultivarla se identificaron tres especies y una morfoespecie de parásitos nematodos gastrointestinales: *Strongyloides westerii*, *S. edentatus*, *S. vulgaris* y *Trichostrongylus* sp 1. Esta última morfoespecie también se encontró en cuatro de las muestras positivas de tapir, todas fueron detectadas por Hakarua Ueno.

7.4 Análisis estadístico

7.4.1 Índice de similitud/agrupamiento jerárquico

A partir de los valores en la tabla de contingencia, se procedió a procesar los resultados en un análisis de agrupamiento jerárquico, y así poder clasificar las muestras.

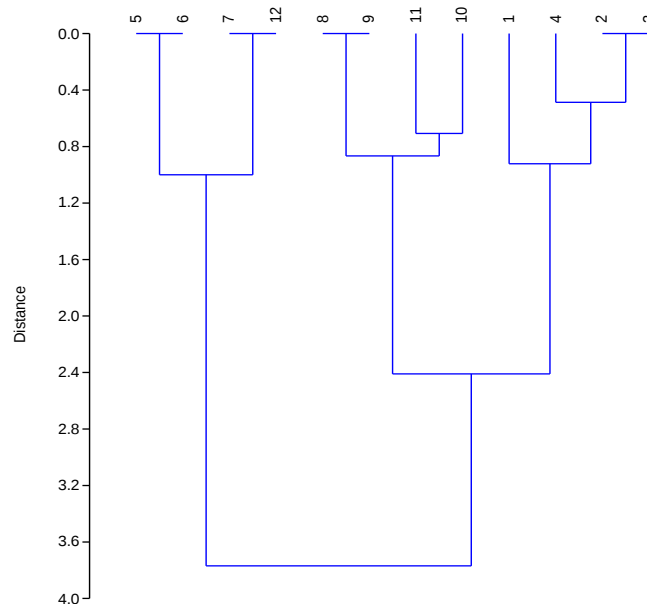


Figura 17 Agrupamiento jerárquico de las muestras (identificadas en cuadro 1) según método de Ward, generado en programa estadístico Past basado en la cantidad de ítems (especies y morfoespecies de parásitos gastrointestinales)

En este caso se utilizó el método de agrupamiento jerárquico de Ward. Como se observa en el gráfico generado con el programa Past versión 2.17 (Hammer, Harper, & P.D., 2001), las muestras de PNLL (uno a cuatro) entran en un grupo, y las de BSMLZ (cinco a doce) en otros dos. Dentro de la PNLL, las muestras dos y tres forman un grupo porque son las más similares entre sí, ambas tienen tanto *Strongylus* sp.1 y 2 (morfoespecie 1 y 2). La muestra uno que está separada solo

se logró identificar *Strongylus* sp. 2, y la muestra cuatro que también está separada pero manteniendo relación con la 2 y la 3, tiene la mayor cantidad de ítems, *Strongylus* sp. 1 y 2, *Trichuris* sp. 1 y una *S. vulgaris*.

En el caso de Petén las muestras están agrupadas en dos grupos, el primero son todas las muestras obtenidas en la Laguna del Palmar, el otro grupo corresponde a las muestras obtenidas en la Aguada del Esquinero. Las muestras de la Laguna del Palmar fueron en su mayoría negativas en todos los métodos, la única positiva fue la muestra 10, la cual se encuentra en un subgrupo y presentó un ítem que no se repite en ninguna de las otras muestras, por esta razón sus valores son similares a las muestras negativas. Las muestras de la Aguada del Esquinero fueron positivas en alguno de los métodos aplicados, en el caso de la muestra 5 y 6, estas forman un mismo grupo dentro de este porque su carga parasitaria está compuesta por 2 especies, mientras la 7 y 12 solo poseen 1 (estas son el otro grupo).

7.4.2 Modelo lineal generalizado con función de Poisson

Este se generó para poder evaluar que tan relacionadas están la fragmentación del hábitat y la carga parasitaria. Para construir el modelo se utilizó el programa R versión 3.2.3, empleando dos variables: la variable respuesta, número de ítems (especies y morfoespecies) identificados por muestra, y la variable independiente, la distancia menor al borde a partir del punto donde se obtuvo la muestra, esta última como medida de fragmentación. El modelo generado (figura 3) apoya que existe cierta relación entre las distancias al borde y la composición de la carga parasitaria, mientras menor es la distancia al borde mayor cantidad de ítems se encontró en la muestra. El modelo es aceptado porque no posee sobre dispersión, es decir los valores de la varianza residual son menores a los grados de libertad

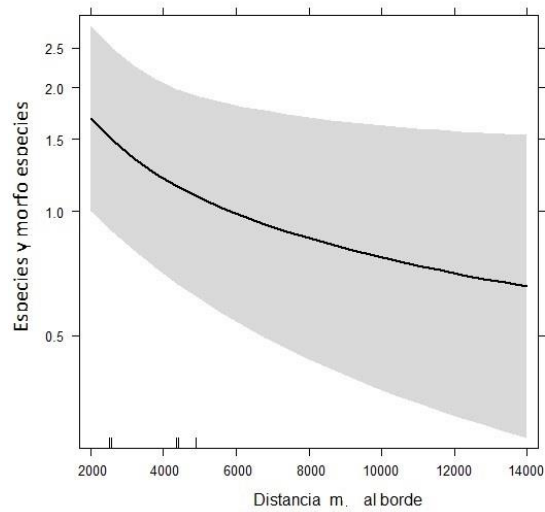


Figura 18 Modelo Lineal generalizado generado por el programa estadístico R: Relación entre distancia mínima de la muestra al borde y el número de ítems (especies y morfoespecies) identificados

7.4.3 Índice de diversidad exponencial de Shannon

Este fue calculado para las muestras de PNLL, las cuatro muestras positivas con una abundancia medible por el método de McMaster. En la primera muestra solo se identificó una especie, por tanto el valor es 1. La segunda muestra el valor fue de 1.68, el cual fue el valor más alto. La tercera fue de 1.43 y la cuarta fue de 1.

7.5 Discusión

La fragmentación del hábitat tiene el potencial de generar cambios en las poblaciones silvestres y en la ecología de las enfermedades infecciosas y parasitarias. Los parches que se generan tras la fragmentación de un área de selva tendrán una tendencia a reducir su tamaño, a incrementar su aislamiento y su área de borde (Hing, 2012). Por lo tanto las poblaciones que queden confinadas dentro de fragmentos sufrirán una degradación en su salud, asociada a cambios tanto a nivel del ecosistema, de la población y de los individuos. Este estudio evaluó como la fragmentación puede tener consecuencias en la salud de las poblaciones de tapir y por lo tanto estar relacionada a un aumento en la carga parasitaria. Este efecto sería aún más marcado en aquellos individuos que se movilizan cerca del borde (Suzán et al., 2012).

El PNLL corresponde a un hábitat fragmentado, donde la cobertura de selva en el área donde se caracteriza por ser una serie de parches (mapa 2). El BSMLZ corresponde a un área poco fragmentada, y que pertenece a un gran remanente de selva que se extiende hacia México y Belice (mapa 3). Este remanente corresponde al 10% de selvas del mundo que se encuentran con una distancia mayor de 1 km para el borde (Haddad et al., 2015). La prevalencia de parasitosis gastrointestinales encontradas en las heces fecales revela la primera diferencia entre ambos sitios.

En las cuatro muestras obtenidas en PNLL, se obtuvo una prevalencia del 100%. En Petén en las ocho muestras obtenidas se obtuvo una prevalencia del 62.5%. Además en Petén la abundancia de la carga parasitaria no pudo ser cuantificada en siete de las muestras las cuales repetidas veces dieron valor 0. Por el contrario, las cuatro muestras de PNLL pudieron ser cuantificadas y tres de ellas presentaron una abundancia mayor a 1500 huevos por gramo de heces. Esta primera diferencia podría estar relacionada al efecto generado por la pérdida de continuidad de la selva (Suzán et al., 2012). Sin embargo, hay otros factores que deben considerarse. Los

resultados negativos obtenidos en Petén pueden estar relacionados con varios fenómenos: como una carga parasitaria muy baja, baja o nula producción de huevos, o larvas, debido a una infección reciente, o condiciones climatológicas extremas y la edad del animal (RVC/FAO, s.f; Zajac & Conboy, 2012).

Las condiciones climáticas y los sitios de muestreo son muy diferentes entre el PNLL y el BSMLZ. Todas las muestras fueron tomadas en época seca. Los sitios donde se obtuvieron las muestras en PNLL, estaban próximos o dentro de ríos, los cuales tienen corriente y diferentes temperaturas. Además todos los sitios estaban cubiertos por sombra del dosel. El PNLL corresponde a una área fue mucho más húmeda y lluviosa. En el BSMLZ, por el contrario los dos cuerpos de agua de donde se obtuvieron las muestras, estaban directamente bajo el sol, eran aguadas o lagunas que no tenían corriente, expuestas a mayor brillo solar y probablemente su temperatura era mucho mayor. Al evaluar el aspecto de los cuerpos de agua cerca o donde se encontraron las muestras en el BSMLZ y en el PNLL, es posible que existan diferencias fisicoquímicas de un lugar respecto al otro, sin embargo esto no fue medido. Estas condiciones que se dan principalmente en el BSMLZ pudieron afectar los resultados, desde generar un efecto en los parásitos que entraron en hipobiosis, al afectar a los hospederos, o afectar las muestras propiamente (Fusé et al., 2013).

Si alguno de estos factores pudiera estar afectando los resultados, también debe considerarse que las muestras fueron procesadas de la misma manera que en el PNLL, incluso con mayor número de repeticiones por procedimiento y el total de muestras obtenidas fue mayor en Petén. Los resultados negativos reflejan una alta probabilidad de una carga parasitaria baja. Esta carga parasitaria era poco detectable por los procedimientos de diagnóstico utilizados en el laboratorio. McMaster no es sensible para detectar cantidades de huevos menores de 25 a 50 huevos por gramo de heces. La única muestra cuantificada en BSMLZ presenta este valor, es muy probable que las demás estén por debajo y los métodos no fueron, por lo tanto, sensibles (Zajac & Conboy, 2012).

La segunda diferencia es la composición de la carga parasitaria. El PNLL tiene mayor riqueza de ítems (una especie y tres morfoespecies). Aquí se encontró la muestra con mayor riqueza, en la se identificaron tres posibles morfoespecies y una especie diferentes: *Strongylus* morfoespecie 1, *Strongylus* morfoespecie 2, *S. vulgaris*, y *Trichuris* sp.

Las primera muestra obtenida en Río Escondido fue positiva a *Strongylus* morfoespecie 2. La segunda muestra obtenida en este mismo sitio fue positiva a esta misma morfoespecie, pero también a *Strongylus* morfoespecie 1 aunque con menor abundancia. Las muestras con abundancia más elevadas estaban constituidas en mayor proporción a *Strongylus* morfoespecie 1. En el tercer sitio Río Peyán, la abundancia de la carga fue la más alta con un valor promedio de 3070 huevos por gramo de heces, de estos el 87.3% era *Strongylus* morfoespecie 1. Este sitio un área con abundante presencia de cazadores, y que se encuentra próxima a sitios de invasión del área protegida. El área tenía antecedentes de ser un sitio de alta actividad de Tapires; sin embargo, las tres veces que se visitó el sitio, la actividad era muy baja y no se encontró mayor cantidad de huellas. Esto es un elemento a tomar en cuenta para futuras investigaciones porque es más abundante este tipo de huevo en lugares perturbados y con abundancias elevadas en el PNLL.

La cuarta muestra obtenida en el PNLL, en el sitio de Rocjá, es un sitio de serranía, donde se encuentra el arroyo Tapir, a pocos metros del borde del parque y a la par de terrenos ganaderos. Esta muestra presentó una carga elevada, aunque no tanto como Río Peyán pero si predominada por *Strongylus* morfoespecie 1. En la prueba de flotación se identificó *Strongylus* morfoespecie 2, el cual estaba larvado, y un único huevo de *Trichuris* sp. Esta fue la única muestra que se obtuvo en el quinto recoleto en el PNLL, y segundo recoleta de muestreo en época seca. Al tener la experiencia de la primera recoleta de Petén se decidió cultivar con el método de Hakarua Ueno, empleado ya en las muestras de este. El resultado fue una larva de *S. vulgaris*. Al lograr obtener una única larva, y no tener cultivos de las primeras tres muestras, no podemos asegurar que corresponda a alguno de los dos

tipos de huevos *Strongylus* encontrados en las muestras, así que se le considero un cuarto ítem, y la segunda especie identificada.

La variación entre la proporción de los huevos *Strongylus* obtenida en cada muestra, afirman lo importante de diferenciarlos, pues como se puede notar los sitios más perturbados en el parque el PNLL, fueron más abundantes en su carga parasitaria la cual está constituida en una mayor proporción por *Strongylus* morfoespecie 1. En las muestras de Río Escondido los resultado no llegan a ser tan elevados y predomina *Strongylus* morfoespecie 2. Para poder evaluar mejor la diversidad entre cada muestra del PNLL y que tan heterogéneas son se empleó el estimador exponencial de Shannon.

Según esta estimación las muestras más diversas fueron la 2 y la 3, esto es porque en ambas se obtuvo datos de dos especies o ítems, mientras que la muestra 1 y 4 solo se obtuvo datos de una especie o ítem, y el resultado fue de 1. La muestra dos obtuvo el valor más alto respecto a la 3, aunque sus valores no son tan diferentes, la dos es más heterogénea pues la proporción entre la abundancia de una especie respecto a otra son similares.

En un estudio realizado en México en 1999, se obtuvo una prevalencia del 68.4% en 19 muestras, de las cuales 13 eran positivas a nematodos gastrointestinales (Cruz Aldán, et al., 2006). La prevalencia de Petén es muy similar a la reportada en este estudio, PNLL presenta un prevalencia mucho mayor. De las especies reportadas en este estudio, *Strongylus* estuvo presente en un 23%, con tres de las muestras positivas y con una abundancia promedio de 8066 huevos por gramo de heces (Cruz Aldán, et al., 2006), este valor está por encima de los valores obtenidos en PNLL.

Los resultados de Petén son mucho menos diversos, y la abundancia de la carga parasitaria solo pudo ser evaluada en una muestra, donde se identificó *P. equorum*, y la abundancia fue de 50 huevos por gramo de heces. Todas las muestras fueron cultivadas con el método de Hakarua Ueno. De las ocho muestras,

cuatro fueron positivas, todas a *Trichostrongylus* sp. 1. Este es un parásito que se reportó por primera vez en 1999 para el tapir centroamericano en el estudio realizado en México. Este es un parásito típicamente reportado en équidos y otros animales domésticos (Cruz Aldán, et al., 2006).

La siguiente pregunta era si estas diferencias realmente pueden asociarse a la continuidad de la selva o la fragmentación. Por lo tanto se calculó la similitud de las muestras utilizando el método de Jaccard. Con este valor, fue posible realizar un agrupamiento jerárquico por el método de Ward. El primer resultado coincide generando dos grupos, cada uno con las muestras pertenecientes al PNLL y Petén respectivamente. Esto apoya que el primer nivel de comparación es entre estos dos lugares, y, por lo tanto, podemos relacionar las diferencias entre estos dos sitios a la continuidad o la fragmentación en cada caso, esta es la primera diferencia evidente entre ambos grupos.

Para poder analizar la relación entre fragmentación y la carga parasitaria, se midió la distancia mínima al borde como un efecto de la fragmentación. Ésta se estimó a partir del sitio donde se obtuvo cada muestra. Los parches de selva de áreas fragmentas, tendrán distancias menores al borde. Estas distancias se relacionaron con la riqueza encontrada en la carga parasitaria. El modelo mostró una relación lineal entre estas dos variables: a menor distancia al borde mayor riqueza de especies en la carga parasitaria, y a mayor distancia la carga parasitaria fue negativa.

La agrupación que se hizo de las muestras, y la relación existente entre distancia al borde y composición de carga parasitaria apoyan que existe una diferencia entre las muestras del PNLL y Petén. Esta diferencia puede ser asociada a las condiciones presentes en cada lugar, la continuidad de la selva en el BSMLZ, y la pérdida de éste en el PNLL. Por lo tanto, las diferencias observadas en los resultados y en los análisis numéricos, apoyan la hipótesis que poblaciones dentro de áreas fragmentadas son más susceptibles a sufrir alteraciones en su salud, y mostrar cargas parasitarias más abundantes y más diversas.

El tercer objetivo en este estudio era encontrar evidencia de que la presencia de équidos domésticos en el BSMLZ afectaba la carga parasitaria de las poblaciones de tapires. Dos géneros de los tres ítems encontradas en las muestras de Petén, están reportadas para équidos y especies domésticas: *P. equorum* y *Trichostrongylus sp.* Todas las muestras positivas a estos géneros fueron obtenidas en el mismo sitio, La Aguada La Muertecita. Solo en una de estas muestras se logró obtener abundancia, la cual fue baja, y las otras tres posiblemente sigan la misma tendencia.

El segundo sitio muestreado que fue negativo en tres de sus cuatro muestras, Laguna Palmar, está más próximo a los campamentos turísticos y arqueológicos los cuales utilizan caballos, y muchas veces llegan a este lugar. De los cuatro puntos donde se tomaron las muestras no se encontró evidencia de ello. En los dos recoletas realizados solo se coincidió con un grupo de turismo, el cual ingreso al Biotopo con un caballo. Esta fue la única muestra de caballo que se encontró y que se logró procesar. A pesar de que no era una muestra de buena calidad, y los datos de abundancia no son concluyentes. La información obtenida en el cultivo, fue la presencia de por lo menos tres especies y una morfoespecie diferentes de parásitos: *Strongyloides westerii*, *Strongylus edentatus*, *S. vulgaris* y *Trichostrongylus sp.*

Esta muestra fue obtenida en otra aguada que está más próxima al campamento arqueológico, y donde se encontró huellas de equino alrededor de ella. En otras ocasiones, los guarda recursos han dado testimonio de ver tapires visitando esta tercera aguada, sobretodo en épocas de sequía. En ninguno de los dos sitios de muestreo fueron observados équidos domésticos o huellas que evidenciarían actividad reciente. Ninguna de las muestras de Petén mostró una carga parasitaria abundante, pero sí presentó dos géneros de parásitos reportados para équidos y animales domésticos. Situación que también se observó en la muestra del PNLL. En esta última es evidente la proximidad del sitio con áreas ganaderas.

Los resultados por si solos, de Petén, no muestran que la presencia o el ingreso de équidos o especies domésticas al sitio generen un impacto en la salud en los tapires, y que esto pudiera evidenciarse en la carga parasitaria. Sin embargo, al observar el fenómeno que ocurre en el PNLL, donde la combinación de cercanía al borde y el posible contacto con especies domésticas, resulta en una carga parasitaria elevada, no se puede descartar que la presencia de équidos domésticos sea una amenaza. Lo que estos dos casos muestran, es que posiblemente el intercambio con especies domésticas no genere un impacto muy grande a nivel de carga parasitaria, pero si se combina con otros factores pueda resultar en consecuencia en la salud de las poblaciones de tapires. La presencia de estas especies de parásitos de especies domésticas puede llegar a constituir un problema, que ya está instalada y que es, posiblemente, evidencia de un intercambio entre poblaciones silvestres y animales domésticos. Por otro lado hay que considerar que la presencia de estos parásitos no es el único factor de riesgo, ya que existen otras enfermedades que incluso no requieren contacto directo para transmitirse. A pesar de que el Biotopo pertenece a un continuo de selva, las poblaciones y el ecosistema son susceptibles a otros impactos que pueden entonces combinarse y generar un problema en el futuro.

Este estudio tuvo varias limitaciones, como que no fue posible realizar muestreos en época lluviosa como fue planteado al principio, ya que las condiciones en el campo no permitían llegar a los sitios, y era muy difícil encontrar muestras en un terreno completamente inundado. En los dos recoletas en época lluviosa en el PNLL, no se encontraron muestras. Considerando que la movilización en Petén es de mayor dificultad en esa época, y al no tener datos comparables, se decidió no realizarlo.

La segunda limitación fue la medición de los efectos de la fragmentación, la cual quedo restringida a la medición de las distancias al borde. Otros estudios incluyen medidas del tamaño del parche, aislamiento, estructura y composición del paisaje (Suzán et al., 2012). Los métodos utilizados constituyeron la tercera

limitante, ya que eran poco sensibles, y al basarse en morfología de huevos, los resultados quedaban restringidos a género y morfoespecies en su mayoría.

Los resultados obtenidos sugieren que posiblemente exista un efecto por la pérdida de la continuidad de las selvas, lo cual provoca mayores efectos de borde al reducirse las distancias a éste. Esto como otros estudios han demostrado, genera: mayor estrés en las poblaciones, mayor intercambio con la matriz que rodea al parche y por lo tanto los individuos y sus poblaciones están más susceptibles a enfermarse. El no actuar junto a otros factores, que generen alto impacto, puede ser la diferencia aun cuando existe presencia de parásitos de especies domésticas y que la carga parasitaria sea baja. Una evidencia más, de la relación entre la salud y funcionamiento de los ecosistemas y la salud de sus poblaciones. Los impactos en el hábitat de un animal, como es la fragmentación de éste, tienen el potencial de afectar su salud, y como una de las consecuencias cargas parasitarias elevadas.

A pesar de estas limitaciones, esta investigación contribuye con los primeros registros de géneros de parásitos gastrointestinales de tapires silvestres en Guatemala.

VIII. CONCLUSIONES

1. La prevalencia de parasitosis gastrointestinales en la PNLL fue del 100%, en BSMLZ fue del 62.5%.
2. La carga parasitaria de tapires en PNLL fue más diversa con cuatro morfoespecies y una especie identificadas y con abundancia elevada, contrario a los tapires en BSMLZ, con dos morfoespecies y una especie identificadas y posiblemente asociada con baja abundancia.
3. Se identificaron dos especies y dos géneros comúnmente reportados en équidos y animales domésticos, *Parascaris equorum* y *Trichostrongylus* sp.1 (morfoespecie 1) en BSMLZ, *Strongylus vulgaris* y *Trichuris*. 1 (morfoespecie 1) en PNLL.
4. Los resultado muestran evidencia que la fragmentación de las selvas está asociada a un aumento de la carga parasitaria en las poblaciones de tapir.

IX.RECOMENDACIONES

1. Realizar nuevos muestreos por períodos más prolongados, y generar una metodología que permita obtener muestras en época lluviosa.
2. Realizar estudios de paisaje completos tanto en BSMLZ como en PNLL, para obtener más medidas de fragmentación.
3. Utilizar otros métodos de diagnóstico en futuros estudios que sean más sensibles para la medición de la abundancia de la carga parasitaria, y que permitan identificar las especies presentes en los sitios.
4. Considerar en áreas protegidas zonas de amortiguamiento que eviten un cambio brusco entre las selvas y los terrenos deforestados para aprovechamiento económico, pudiendo ser esta una medida para reducir el contacto entre animales silvestres y domésticos y reducir el efecto de borde.

X. RESUMEN

Este estudio evaluó la relación entre fragmentación del hábitat y la carga parasitaria de poblaciones de tapires en dos sitios con diferentes grados de fragmentación en el norte de Guatemala. Se analizaron 12 muestras de heces fecales de tapir, tomadas de letrinas y del suelo. Cuatro se obtuvieron en el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL), el cual se encuentra dentro de un hábitat muy fragmentado. Ocho se obtuvieron en el Biotopo San Miguel La Palotada El Zotz (BSMLZ) perteneciente a un continuo de selva poco fragmentado. Cada muestra se geo-referenció con GPS, y se calculó la distancia mínima de estas localidades al borde del selva, como una medida de fragmentación. Las muestras fueron procesadas por los métodos de: flotación, Hagar-Hakura Ueno, y cuantitativo de Mc Master. En los tapires del PNLL se observó una prevalencia del 100% de parasitosis gastrointestinales, identificándose tres morfoespecies (*Strongylus* sp.1, *Strongylus* sp.2 y *Trichuris* sp. 1), y una especie (*Strongylus vulgaris*). La abundancia promedio de la carga fue mayor a 1500 huevos/gr de heces en tres de las cuatro muestras. En BSMLZ la prevalencia fue 62.5%, identificándose 2 morfoespecies (*Trichostrongylus* sp.1 y *Strongylus* sp.3), y 1 especie (*Parascaris. equorum*). La abundancia se pudo estimar únicamente en una muestra de esta localidad, donde se obtuvo 50 huevos/gr de heces. Las muestras colectadas a menor distancia al borde presentaban mayor número de ítems (especies y morfoespecies de parásitos), apoyando la hipótesis de que existe una relación entre la fragmentación del hábitat y la alteración de la carga parasitaria.

SUMMARY

This study evaluates the relation between habitat fragmentation and parasite load on tapir populations in two sites with different fragmentation degrees in the north of Guatemala. 12 tapir feces samples taken from the ground and from latrines, were analyzed. Four of the samples were found on the National Park Laguna Lachuá (NPLL), which is characterized as a very fragmented habitat. The other eight samples were found in The Biotopo San Miguel La Palotada El Zotz (BSMLZ), which belongs to a continuous of forest with little fragmentation. Each sample was geo-referenced with a GPS y was calculated the minimum distance from each location to the edge of the forest, this as a measure of fragmentation. The methods used to process the samples where floatation, Hagarua Ueno, and quantitative of Mc Master. On the tapirs of NPLL was found a 100% prevalence of gastrointestinal parasites, identifying three morphospecies (*Strongylus* sp.1, *Strongylus* sp.2 y *Trichuris* sp. 1), and one specie (*Strongylus vulgaris*). The average abundance of the parasite load was up 1500 eggs/gr of feces, in three of four samples. In BSMLZ the prevalence was of 62.5%, identifying two morphospecies (*Trichostrongylus* sp.1 and *Strongylus* sp.3), and one specie (*Parascaris equorum*). The abundance could only be estimated on one location, where it was 50 egss/gr of feces. The samples collected that where close to the forest edge presented a higher number of items (species and morphospecies of parasites), supporting the hypothesis that it exists a relation between habitat fragmentation and alterations of the parasite load.

XI.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrivillaga, J., & Caraballo, V. (2009). Medicina de la Conservación. *Biomed*, 20(1), 55-67.
- Arrivillaga, J., & Caraballo, V. (2009). Medicina de la Conservación. *Rev Biomed*, 55-67.
- Besné Mérida, A., Figueroa Castillo, J. A., Quiroz Romero, H., Ramírez Guadarrama, A., & Ramos Martínez, E. (2006). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Parasitología*. DF México: DR Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castellanos, A., Foerester, C., Lizcano, D. J., Naranjo, E., Cruz-Aldan, E., Lira-Torres, I., . . . Gonzalez-Maya, J. (2008). *Tapirus bairdii*. Retrieved from The UICN Red List of Threatened Species: www.uicnredlist.org
- Cruz Aldán, E., Lira Torres, I., Güiris Andrade, D. M., Osorio Sarabia, D., & Quintero, M. (2006). Parásitos del tapir centroamericano *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae) en Chiapas, México. *Rev. Biol. Trop(Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol.54(2)*, 445-450.
- Figueroa Hernández, L. E., & Rodríguez Zea, M. E. (2007). *Manual de técnicas diagnósticas en parasitología veterinaria*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Parasitología.
- Foerster, C. R., & Vaughan, C. (2002). Home Range, Habitat Use, and Activity of Baird's Tapir in Costa Rica. *BIOTROPICA*, 34(3), 423-437.
- García, M., Leonardo, R., Castillo, F., García, L., & Gómez, I. (2009). *El Hábitat del Tapir en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas: Un estudio sobre su importancia en la conservación y el manejo del paisaje en Guatemala*. Guatemala: USAC-DIGI.

- García, M., Leonardo, R., Castillo, F., García, L., & Gómez, I. (2009). *El hábitat del tapir en el sistema de áreas protegidas: un estudio sobre la importancia en su conservación y el manejo del paisaje en Guatemala. Proyecto "El Tapir Centroamericano(T.bairdii) como herramienta para el fortalecimiento del SIGAP"*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación.
- García, M., Medici, P., Naranjo, E., Novarino, W., & Leonardo, R. (2012). Distribution, habitat and adaptability of the genus *Tapirus*. *Integrative zoology*, 7, 346-355.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., . . . Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 1(2), 1-9.
- Halffter, G., Moreno, C. E., & Pineda, E. O. (2001). *Manual para la evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. Zaragoza, España: M&T-Manuales y Tesis Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA).
- Hammer, O., Harper, D., & P.D., R. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and analysis data. *Paleontologica Electronica* 4(1):9pp.
- Hing, S. (2012). *A survey in endoparasites in endangered bornean elephants Elephas maximus borneensis in continuous and fragmented habitat*. Imperial College of London.
- Huffman, B. (2010). *Ultimate ungulate*. Obtenido de Ungulate: <http://www.ultimateungulate.com/Perissodactyla/Tapiridae.html>
- Instituto Nacional de Bosques-INAB-. (2003). *Plan Maestro Parque Nacional Laguna Lachuá Cobán, Alta Verapaz*. Guatemala: Consejo Nacional de Areas Protegidas-CONAP-.
- IUCN. (2014). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3*. Obtenido de www.iucnredlist.org

- Ixcot Yon, L. C. (2005). *Informe Final Proyecto FODECYT 19-02 Estudios de Biodiversidad en los biotopos: San Miguel La Palotada El Zotz y Naachtún-Dos Lagunas, Petén, Guatemala*. Guatemala: CONCYT.
- Lavariega, M. C., Briones-Salas, M., & Rodríguez, C. (2013). Registro de tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) con cámaras-trampa en la sierra Madre de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* , 1007-1011.
- Leps, J., & Smilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. New York: Cambridge University Press.
- Medina Voguel, G. (2010). Ecología de enfermedades infecciosas emergentes y conservación de especies silvestres. *Arch Med Vet*, 11-24.
- Medina-Vogel, G. (2010). Ecología de enfermedades infecciosas emergentes y conservación de especies silvestres. *Arch Med Vet*, 42, 11-24.
- Meffe, G. K., & Carroll, C. R. (1997). *Principles of Conservation Biology*. Massachusetts: Sinauer Associates, INC.
- Nowak, R. M. (1999). *Walker's mammals of the world* (Sexta ed., Vol. II). The John Hopkins .
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2013). *La fauna silvestre en un clima cambiante*. Roma: Estudios FAO.
- Organización Panamericana de la Salud. (2002). *Módulos de Principio de Epidemiología para el Control de Enfermedades*. Washington D.C.: OPS.
- Quiroz Romero, H. (2005). *Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domesticos*. México D.F: Limusa, S.A. DE C.V.
- Quse, V., & Fernandes-Santos, R. C. (2014). *Tapir Veterinary Manual* (2da edición ed.). IUCN/SSC Tapir Specialist Group (TSG).
- Ricklefs, R. E., & Miller, G. L. (1999). *Ecology*. United States: W.H. Freeman.

- Rogério, P., Medici, E. P., & Fernandes-Santos, R. (2012). Tapir health and conservation medicine. *Integrative Zoology*(7), 331-345.
- Romero-Castañón, S., Ferguson, B., Güiris, D., González, D., López, S., Paredes, A., & Weber, M. (2008). Comparative Parasitology of Wild and Domestic Ungulates in the Selva Lacandona, Chiapas, Mexico. *Comparative Parasitology*, 75(1), 115-126.
- Ruíz, R., & Rodríguez, G. (2005). *Abundancia poblacional, movimientos y uso del habitat del tapir (Tapirus bairdii), en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán Alta Verapaz Segunda Fase*. Guatemala: DIGI-USAC.
- RVC/FAO. (s.f.). *La Guía RVC/FAO para el diagnostico parasitologico veterinario*. (L. Gibbons, D. Jacobs, M. Fox, & J. Hansen, Editores) Obtenido de Examen Fecal para determinación de helmintos pársitos: http://www.rvc.ac.uk/review/parasitology_spanish/index/Index.htm
- Smith, K. F., Acevedo-Whitehouse, K., & Pedersen, A. B. (2009). The role of infectious diseases in biological conservation. *Animal Conservation*, 12, 1-12.
- Suzán Szpiri, G., Galindo Maldonado, F., & Ceballos González, G. (2000). *La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre*. México: UNAM.
- Suzán, G., Esponda, F., Carrasco-Hernández, R., & Aguirre, A. A. (2012). Habitat fragmentation an infectious disease ecology. In A. A. Aguirre, R. S. Ostfeld, & P. Daszak, *New directions in conservation medicine, applied cases of ecological health* (pp. 135-155). New York: Oxford University Press.
- Tompkins, D. M., Dunn, A. M., Smith, M. J., & Telfer, S. (2011). Wildlife diseases: from individual to ecosystems. *Journal of Animal Ecology*, 80, 19-38.
- Vaughan, T. A. (1988). *Mamíferos* (3era ed.). (R. E. Mata, Trad.) D.F: Interamericana.

Wells, J. (01 de Febrero de 2009). *Tapirus bairdii*. Obtenido de Animal Diversity Web:http://animaldiversity.org/accounts/Tapirus_bairdii/#physical_description

Williams, K., & García, M. (s.f.). *The world's Tapirs--The Baird's Tapir (Tapirus bairdii)*. Obtenido de TAPIR SPECIALIST GROUP: www.tapirs.org/tapirs/bairds.html

Zajac, A., & Conboy, G. (2012). *Veterinary Clinical Parasitology* (8th ed.). Iowa: Wiley-Blackwell.

XII. ANEXOS

Anexo1 Mapa satelital PNLL y BSMLZ



Anexo 2 Boletas de datos de las muestras y resultados

Época	No.	Sitio	Letrina	Fecha	Coordenadas Geográficas GPS	Distancias de la letrina a los diferentes bordes de selva	Observaciones en el sitio	Composición Carga Parasitaria (Géneros)	Abundancia Carga Parasitaria (huevos/gr heces)
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								

Anexo 3 Datos obtenidos de carga parasitaria por el método de flotación con solución sobresaturación de azúcar y el cuantitativo de McMaster en PNLL

PNLL	Huevos A (40x80 u)				Huevos B (61x154 u)				Huevos LARVADOS				Total Muestra
	Camara 1	Camara 2	Total	Huevos/gr	Camara 1	Camara 2	Total	Huevos/gr	Camara 1	Camara 2	Total	Huevos/gr	
Muestra #1 Rio Escondido N 15.93070 W 090.68074 02/03/016	0	0	0	0	1	0	1	50	1	0	1	50	100
	0	0	0	0	3	0	3	150	0	0	0	0	150
	0	0	0	0	2	2	4	200	0	0	0	0	200
	0	0	0	0	1	0	1	50	0	0	0	0	50
			0%	0			90%	112.5			10%	12.5	125
Muestra #2 Rio Escondido Gran Letrina 02/03/016	5	2	7	350	15	9	24	1200	3	0	3	150	1700
	4	2	6	300	3	8	11	550	2	1	3	150	1000
	6	9	15	750	18	31	49	2450	1	0	1	50	3250
	3	3	6	300	15	12	27	1350	0	0	0	0	1650
			22%	425			73%	1387.5			5%	87.5	1900
Muestra #3 Rio Peyan N 15.90691 W 090.67464	37	20	57	2850	6	3	9	450	1	0	1	50	3350
	41	29	70	3500	2	2	4	200	2	3	5	250	3950
	15	16	31	1550	2	1	3	150	1	1	2	100	1800
	18	40	58	2900	0	3	3	150	1	2	3	150	3200
			87.8%	2700			7.72%	237.5			4%	137.5	3075
PNLL	Huevos A				Trichuris sp.				Huevos B LARVADOS				Total Muestra
	Camara 1	Camara 2	Total	Huevos/gr	Camara 1	Camara 2	Total	Huevos/gr	Camara 1	Camara 2	Total	Huevos/gr	
Muestra #4 Arrollo Tapir, Roja.N 15.93070 W 090.68074 27/05/016	24	23	47	2350	0	0	0	0	0	0	0	0	2350
	20	27	47	2350	0	0	0	0	0	0	0	0	2350
	13	14	27	1350	0	0	0	0	0	0	0	0	1350
	12	28	40	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	2000
			100%	2012.5			0%	0.0			0%	0.0	2012.5

Anexo 4 Datos medidas de huevos *Strongylus* sp.1 y 2 en PNLL

[illegible]

Anexo 5 Datos obtenidos de carga parasitaria por el método de flotación con solución sobresaturada de azúcar y el cuantitativo de McMaster en BSMLZ

Zotz	Ascarido (<i>Parascaris sp.</i>)			
	Camara 1	Camara 2	Total	Huevos/gr
Muestra #5 Aguada Esquinero 14/04/2016	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	1	1	50
	0	0	0	0
			1	50
Muestra #6 Aguada Esquinero 14/04/016	Positivo en Flotación (+), se lograron identificar 2 huevos en toda la muestra. MacMaster no se observaron huevos.			
			0	0
Muestra #7 Aguada Esquinero 14/04/2016	Negativo en Flotación y MacMaster.No se observaron huevos.			
			0	0
Muestra #8 Laguna Palmar 15/04/2016	Negativo en Flotación y MacMaster.No se observaron huevos.			
			0	0

Zotz	<i>Strongylus sp. 3 (morfoespecie 3)</i>			
	Camara 1	Camara 2	Total	Huevos/gr
Muestra #9 Laguna Palmar N 17.23365 W 089.76292 07/06/16	Positivo en Flotación (+), se lograron identificar 2 huevos en toda la muestra. MacMaster no se observaron huevos.			
			0	0
Muestra #10 Laguna Palmar N 17.23348 W 089.76375 07/06/16	Negativo en Flotación y MacMaster.No se observaron huevos.			
			0	0
Muestra #11 Laguna Palmar N17.22951 W 089.76579 07/06/16	Negativo en Flotación y MacMaster.No se observaron huevos.			
			0	0
Muestra #12 Aguada Esquinero 09/06/16	Negativo en Flotación y MacMaster.No se observaron huevos.			
			0	0

Anexo 6 Datos obtenidos en Hakarua Ueno

Zotz	
Muestra #1 Aguada Esquinero	positiva 3 Larvas observadas
Muestra #2 Aguada Esquinero 04/016	Positiva 1 Larva observadas
Muestra #3 Aguada Esquinero	Positiva 5 larvas observadas por campo, gran cantidad de larvas en la muestra <i>Trichostrongylus</i>
Muestra #4 Laguna Palmar	Negativa
Muestra #5 Caballo	<i>Strongilus vulgaris</i> <i>Strongilus edentatus</i> <i>Strongilus westerii</i> <i>Trichostrongylus axei</i>

Muestra #1 Laguna Palmar N 17.23365 W 089.76292 07/06/16	Negativo
Muestra #2 Laguna Palmar N 17.23348 W 089.76375 07/06/16	Negativo
Muestra #3 Laguna Palmar N17.22951 W 089.76579 07/06/16	Negativo
Muestra #4 Aguada Esquinero 09/06/16	Positiva <i>Trichostrongylus</i> sp. 1 Larva observadas

PNLL	
Muestra #4 Arroyo Tapir, Roja.N 15.93070 W 090.68074 27/05/016	Positiva <i>Strongylus vulgaris</i>

Anexo 7 Cálculos de índice de similitud de Jaccard

	Especies Compartidas													Especies Unicas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2
4	1	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2	2	0	4	4	4	4	4	4	4	4
5	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	1	5	2	2	2	2	0	0	1	2	2	2	2	1
6	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	1	6	2	2	2	2	0	0	1	2	2	2	2	1
7	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	7	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	12	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0

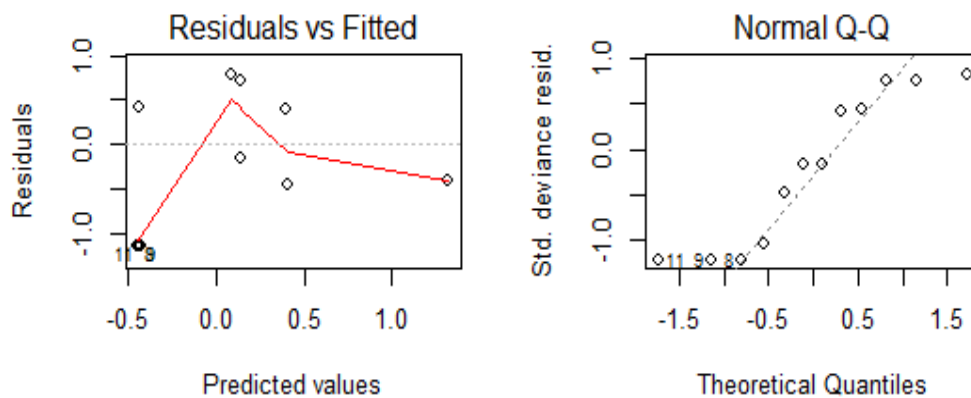
Matriz de Similitud

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0.5	0.5	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.5	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.5	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0.25	0.5	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0.5
6	0	0	0	0	1	1	0.5	0	0	0	0	0.5
7	0	0	0	0	0.5	0.5	1	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0.5	0.5	1	0	0	0	0	1

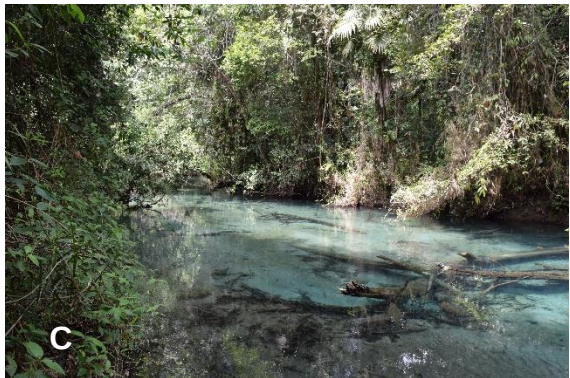
Anexo 8 Medidas y cálculos para el modelo lineal generalizado generados por el programa estadístico R

Tabla de distancia menor al borde de cada muestra				
ID Muestra	Presencia	Especies	Distancia (m)	Localidad
1	1	1	2517.36	Lachuá Río Escondido
2	1	2	2573.36	Lachuá Río Escondido
3	1	2	4906.57	Lachuá Peyán
4	1	4	385.83	Lachuá Arroyo Tapir
5	1	2	4427.37	Zotz Esquina
6	1	2	4407.98	Zotz Esquina
7	1	1	4357.28	Zotz Esquina
8	0	0	14736.79	Zotz Palmar
9	0	0	14698.04	Zotz Palmar
10	1	1	14693.16	Zotz Palmar
11	0	0	14296.56	Zotz Palmar
12	1	1	4357.28	Zotz Esquina

QQ Plot: grafica que muestra los residuales de los resultados del Modelo Lineal Generalizado con Poisson



Anexo 9 Figura Sitios de muestreo PNLL (A) (D) Río Escondido (B) Arroyo Tapir (C) Río Peyán.



Anexo 10 Figura sitios de muestreo BSMLZ (A, B, C) Laguna Palmar (D, E, F)
Aguada La muertecita



Anexo 11 Figura toma de muestras de heces fecales de tapir en los diferentes sitios del estudio (A) Río Escondido (B) Río Peyán (C) Arroyo Tapir (D, E) Aguada La Muertecita (F) Laguna Palmar



Anexo 12 Figura de otros sitios identificados para búsqueda de muestras de heces de tapir (A) Río La Ilusión, PNLL (B) Río Machaca, PNLL (C) Aguada en Esquinero BSMLZ (D) Aguada El Cedro, BSMLZ



Anexo 13 Figura proceso de socialización protocolo de investigación (A)
Guardarrecursos BSMLZ (B) Guardarrecursos PNLL



Anexo 14 Figura fotos cámaras trampa colocadas en Río Escondido PNLL (A) *Mazama americana* (B, C) *Cuniculus paca* (D) Zarigüeya posiblemente del género *Philander* (E) Cazador próximo a sitio Gran Letrina

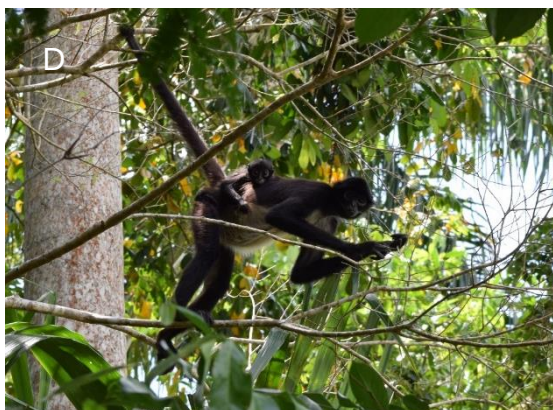


Anexo 15 Figuras de hallazgos en campo

Figura 1 (A) Chozas cazadores Río Peyán, Parque Nacional Laguna PNLL (B) Chozas cazadores próxima Aguada El Cedro, Biotopo BSMLZ (C) Cráneo de *Mazama americana* en choza cazadores Aguada El Cedro, BSMLZ (D) Cadáver de tapir *Tapirella bairdii* próximo a campamento IDAE, BSMLZ



Figura 2 (A) Evaluación cadáver de tapir, el estado de descomposición era muy avanzado (B) Campamento de cazadores en Laguna Palmar, Biotopo BSMLZ (C) *Crocodylus moreletii*, Laguna Palmar, BSMLZ (D) *Ateles geoffroyi* hembra con su cría, BSMLZ



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**

**EVALUACIÓN DE LA CARGA PARASITARIA EN LAS
POBLACIONES DE TAPIR (*Tapirella bairdii*), DEL BIOTOPO
PROTEGIDO SAN MIGUEL LA PALOTADA EL ZOTZ Y DEL
PARQUE NACIONAL LAGUNA LACHUÁ.**

Br. Irena Dione Méndez Barrios

M.A. Manuel Eduardo Rodríguez Zea
ASESOR PRINCIPAL

Dr. Jorge Erwin López Gutiérrez
ASESOR

M.Sc. Edy Robin Meoño Sánchez
EVALUADOR

IMPRÍMASE

M.A. Gustavo Enrique Taracena Gil
Decano