

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**“Caracterización del patrón de actividad del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en aguadas del Biotopo Protegido Dos Lagunas, Reserva de Biosfera Maya”**



Mynor André Sandoval Lemus

BIÓLOGO

Guatemala, febrero del 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**“Caracterización del patrón de actividad del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en aguadas del Biotopo Protegido Dos Lagunas, Reserva de Biosfera Maya”**



Guatemala, febrero del 2020

## JUNTA DIRECTIVA

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto	Decano
Lic. Miriam Roxana Marroquín Leiva	Secretaria
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Byron Enríquez Pérez Díaz	Vocal IV
Br. Pamela Carolina Ortega Jiménez	Vocal V

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A mis mayores ejemplos de vida, quienes tuvieron la sabiduría de formar a cuatro personas de bien y de integridad. Quienes tuvieron el valor de formar una familia y el éxito de haberla formado en todo su esplendor. Les agradezco por igual a mis padres Nora Lemus y Mynor Sandoval, a quienes les debo la vida y toda mi formación, desde los trabajos de colegio hasta la cocina cada domingo, desde mis primeros pasos hasta mis más grandes logros. No hay palabras algunas para describir el amor que les tengo y lo orgulloso que me siento de tenerlos como padres, los amo. Este trabajo está dedicado totalmente para ustedes y espero poder seguir haciéndolos sentir orgullosos. A mis tres mejores amigos y mi mayor enseñanza diaria. Diego, Pepín y Andrea, a ustedes les debo mi felicidad, mi forma de ver la amistad y mis mejores experiencias, la vida sin ustedes nunca podría considerarse vida para mí, los amo y los admiro, y espero poder llegar a ser un poco más como ustedes. A la nueva luz de mi familia y mi gran razón de seguir adelante, Emilia, porque quiero enseñarte el mundo desde otra perspectiva a través de la naturaleza.

A los pilares más fuertes de mis dos familias: Mamita Chatí, Papito Mario, Mamita Élvida y Papito Ramiro. Mamita Chatí, gracias por haber creído en mí desde pequeño y por haber encendido la luz de bondad y servicio, y gracias por mantener viva la imagen de papito Mario. A mi viejita que aún me dice que tenga cuidado en las giras y que regrese pronto a Monjas, Mamita Élvida este logro es para ti que seguís siendo luz en mí vida. Papito Ramiro, gracias por las pláticas de siembras y de murciélagos, y también gracias por dejarme ser tú amigo y compañero de experiencias. A todos mis tíos por sus bromas y pláticas de biología, gracias por siempre hacerme sentir el más grande biólogo de sus vidas. A mis primos por sus bromas y preguntas, pero más aún por ser aleros.

A mi segunda familia Valeska, Rocío, Sofi, Compota, Gaitán, Elisa, Lula, Melos, Pollo y Santiago. Gracias por haber hecho este viaje el mejor e inolvidable, desde Lachuá a las cañas, no hay duda de que logré conseguir a los mejores compañeros de vida en esta

montaña rusa. A mi Amoi, por aguantar la queja y malos humores, por ser simplemente vos y apoyarme en todo.

A mi asesor Manolo García, por haber aceptado este reto que ni él se lo imaginaba. Gracias por guiarme de una manera única, enseñarme en cada proceso y hacerme querer aún más la investigación, sos un gran ejemplo e inspiración. A mi revisor Fernando Díaz, por haberme apoyado durante todo el proceso y haber soportado mis visitas constantes en las revisiones. A Jorgito Jiménez y Michelle Catalán quienes me orientaron y animaron durante el proceso. A mis catedráticos de la Escuela de Biología que más allá de solo ser catedráticos son inspiración, compañeros y amigos.

Al Cecon por haberme abierto las puertas y la mente para poder construir un mejor futuro para la naturaleza de Guatemala. Al Programa mundial para la conservación de los tapires del TSG-UICN y Fundación Segré; al Programa para la Conservación del Tapir en Guatemala de Cecon y Fundación Defensores de la Naturaleza; y Dirección General de Investigación – Usac (proyectos 4.8.63.4.04 y 4.8.63.2.03, con años de ejecución 2016 y 2017, respectivamente), ya que a través de su financiamiento se han logrado realizar investigaciones de las cuales se han obtenido datos que en esta investigación fueron utilizados.

Por último y no menos importante, a la Universidad de San Carlos de Guatemala por haberme visto crecer, caminar, correr, reír, cantar, fracasar y levantarme. Mi alma máter no la cambio por nada y prometo llevar en alto su nombre.

# 1. ÍNDICE

1. Índice .....	I
2. Resumen .....	1
3. Introducción .....	3
4. Antecedentes.....	5
4.1 Tapir centroamericano ( <i>Tapirus bairdii</i> ) .....	5
4.1.1 Clasificación taxonómica.....	5
4.1.2 Descripción de la especie .....	5
4.1.3 Distribución.....	6
4.1.4 Comportamiento.....	7
4.1.4.1 Patrón de actividad .....	7
4.1.4.2 Alimentación .....	8
4.1.4.3 Importancia ecológica .....	9
4.1.4.4 Reproducción y periodo de gestación.....	9
4.1.5 Estado de conservación .....	10
4.1.6 Estudios en Guatemala .....	11
4.2 Recurso hídrico.....	14
4.2.1 Agua.....	14
4.2.2 Humedales .....	15
4.2.3 Aguadas .....	16
4.3 Patrón de actividad .....	17
4.4 Fototrampeo .....	18
4.4.1 Frecuencia y latencia de visita .....	19
4.5 Descripción del área de estudio.....	19

4.5.1	Características físicas .....	19
4.5.1.1	Geología .....	19
4.5.1.2	Clima .....	20
4.5.1.3	Hidrología .....	20
4.5.2	Características biológicas .....	20
4.5.2.1	Flora .....	20
4.5.2.2	Fauna .....	21
5.	Objetivos.....	22
5.1	General.....	22
5.2	Específicos .....	22
6.	Justificación .....	23
7.	Hipótesis.....	25
8.	Materiales y Métodos.....	26
8.1	Universo del estudio .....	26
8.1.1	Población .....	26
8.1.2	Muestra .....	26
8.2	Materiales .....	26
8.3	Métodos.....	26
8.3.1	Colecta de datos en campo.....	26
8.3.1.1	Trabajo de gabinete: registros independientes .....	27
8.3.2	Caracterización .....	28
8.3.2.1	Patrón Diario de Actividad (PDA).....	28
8.3.2.2	Frecuencia de visita (FV).....	28
8.3.2.2.1	Frecuencia de visita por aguada.....	29
8.3.2.2.2	Frecuencia de visita anual .....	29

8.3.2.3	Latencia de Visita (LV).....	29
8.3.2.3.1	Latencia de visita anual y total por aguada.....	29
8.3.2.3.2	Latencia de visita anual y total por época seca .....	29
8.3.3	Análisis de datos .....	29
8.3.3.1	Patrón Diario de actividad (PDA).....	30
8.3.3.2	Frecuencia de visita (FV).....	30
8.3.3.3	Latencia de visita (LV) .....	31
8.3.3.4	Relación de variables climáticas y porcentaje de luz lunar con el patrón diario de actividad (PDA), frecuencia de visita (FV) y latencia de visita (LV). .....	31
9.	Resultados.....	33
9.1	Patrón Diario de Actividad (PDA).....	33
9.2	Frecuencia de visita (FV) .....	35
9.2.1	Frecuencia de visita semanal (FVS) por año y total .....	35
9.2.2	Frecuencia de visita (FV) anual y total por aguada .....	37
9.3	Latencia de visita (LV) .....	39
9.3.1	Latencia de visita (LV) anual y total por aguada .....	41
9.4	Relación de variables climáticas y porcentaje de luz lunar con el patrón diario de actividad (PDA), frecuencia de visita (FV) y latencia de visita (LV). .....	43
9.4.1	Patrón Diario de Actividad (PDA) .....	43
9.4.2	Frecuencia de Visita Semanal (FVS) .....	44
9.4.3	Latencia de Visita (LV) .....	44
10.	Discusión.....	47
10.1	Patrón Diario de Actividad (PDA).....	47
10.2	Frecuencia de visita (FV) .....	49
10.3	Latencia de visita (LV) .....	55



11.	Conclusiones.....	58
12.	Recomendaciones.....	60
13.	Referencias Bibliográficas .....	62
14.	Apéndices.....	77

## 2. RESUMEN

La Reserva de la Biósfera Maya (RBM) presenta una elevada vulnerabilidad al cambio climático debido al incremento de temperatura, disminución de precipitación y desecación de cuerpos de agua estacionales (aguadas). Las aguadas y los tapires se consideran como elementos naturales de conservación de esta reserva. El tapir centroamericano (*T. bairdii*) es una especie rara y local en peligro de extinción, fundamental en el ecosistema como dispersor de semillas; y las aguadas son fuente hídrica, de alimento, descanso, vínculo social y protección de depredadores y parásitos; fundamentales para los tapires y otras especies de vertebrados, especialmente en época seca. En el presente estudio se caracterizó el patrón diario de actividad (PDA), patrón de frecuencia de visita semanal (FVS), la latencia de visita (LV) a las aguadas y la relación que con 3 variables climáticas (temperatura, humedad, precipitación acumulada) y porcentaje de luz lunar en aguadas del Biotopo Protegido Dos Lagunas (BPDF) durante los años del 2014 al 2017, utilizando 329 registros de fototrampeo de tapir colectados por el Centro de Datos para la Conservación (CDC) del Centro de Estudios Conservacionistas (Cecon) durante la época seca y principios de lluviosa.

El tapir presentó un PDA predominantemente nocturno (>70%). Este es constante durante los cuatro años, sin embargo, en cada uno de los años su determinación varía. Sus picos de actividad se presentan alrededor de las 20:00-22:00 h y 1:00-3:00 h. El comportamiento nocturno de los tapires se piensa que es debido a que estos son animales muy grandes, con capacidad deficiente de disipación de calor, lo cual es útil para evitar el estrés hídrico que podría darse durante las horas del día con mayor temperatura. El PDA presenta correlación positiva con la temperatura exacta al momento de fotocaptura (promedio  $r=0.3553$ , y máxima  $r=0.4033$ ;  $p<0.01$ ) y negativa con la humedad relativa exacta al momento de fotocaptura (promedio  $r=-0.4211$  y mínima  $r=-0.4312$ ,  $p<0.01$ ), lo cual indica que la actividad del tapir aumenta en las noches donde la temperatura media es más elevada y disminuye conforme la humedad relativa aumenta, evitando mayor estrés hídrico por la baja capacidad de transpiración, debido valores elevados combinados de temperatura y humedad relativa.

El patrón de FVS ( $0.06 \pm 0.09$  registros/(cámara x día) presenta al menos tres periodos de mayor frecuencia de visita (semana 13-19, 23-26 y 30-32) y los valores medios para época seca y lluviosa no difieren ( $p > 0.05$ ; época seca:  $0.10 \pm 0.19$  reg./cám.x día y época lluviosa:  $0.07 \pm 0.10$  reg./cám.x día). Se asocia inversamente al patrón de precipitación ( $r = -0.1529$ ,  $p < 0.01$ ), lo cual indica que los tapires visitan las aguadas luego que estas se abastecen de agua y en periodos donde la lluvia es escasa.

El patrón de LVS ( $4.36 \pm 7.08$  días) muestra al menos dos periodos de menor LV (semana 13-19 y 30-33), contrarios a los periodos 1 y 3 del patrón de FVS. Los valores medios para época seca y lluviosa son significativamente distintos ( $p < 0.01$ ; época seca:  $2.95 \pm 4.46$  días, época lluviosa:  $5.98 \pm 8.95$  días). El patrón presenta asociación negativa con la temperatura (máxima ambiental  $-0.1477$  y exacta al momento de fotocaptura  $-0.2100$ ) y positiva con la humedad relativa ambiental (promedio  $r = 0.1634$  y mínima  $r = 0.1225$ ,  $p < 0.01$ ) y exacta al momento de fotocaptura (promedio  $r = 0.1270$  y mínima  $r = 0.2561$ ,  $p < 0.01$ ), lo cual sugiere que los tapires tardan menos tiempo en regresar a las aguadas cuando el ambiente es más caliente pero menos húmedo, como mecanismo para reducir su estrés hídrico por deshidratación.

Las aguadas que presentan mayor FV y menor LV son A2 (FV= $0.21 \pm 0.30$  registros/(cámara x día y LV= $3.00 \pm 4.41$  días) y A1 (FV= $0.09 \pm 0.08$  registros/(cámara x día) y LV= $2.90 \pm 3.38$  días), esto se relaciona al hecho que son aguadas con suelos arcillosos y con asociaciones vegetales diversas y cobertura vegetal que favorecen la permanencia del agua por mayor tiempo. Estudios recientes han demostrado que esta permanencia se ve comprometida a lo largo de la época seca y se ha agravado con el cambio climático, ocasionando desecación completa de las mismas, obligando a los tapires a desplazarse incluso a poblados para su búsqueda. Esto remarca la importancia de las aguadas, especialmente A1 y A2, y la dependencia de los tapires hacia ellas.

Siendo el tapir y las aguadas elementos de conservación naturales fundamentales para el mantenimiento de la integridad de la RBM, es imprescindible continuar con el monitoreo constante y la evaluación de su vulnerabilidad al cambio climático, integrando variables retrospectivas y proyectivas que contribuyan en la generación de información básica para la toma de decisiones.

### 3. INTRODUCCIÓN

La Reserva de la Biósfera Maya (RBM) se ubica al norte de Guatemala y representa la mayor porción de la Selva Maya (>50%, con una extensión de 2,083,495 ha) y es considerada como el área protegida más grande de Centroamérica (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], 2015a; Pronatura Península de Yucatán [PPY] & The Nature Conservancy [TNC], 2006). Alberga una alta diversidad biológica incluidas especies de vertebrados emblemáticos como *Panthera onca* L. 1754 (jaguar), *Ara macao* L. 1758 (guacamaya roja), *Alouatta pigra* Lawrence 1933 (mono aullador negro) y *Tapirus bairdii* Gill 1865 (danto o tapir centroamericano) (Conap, 2015a). Sin embargo, esta reserva se encuentra amenazada por incendios forestales, tala ilícita, ganadería y agricultura extensiva, crecimiento demográfico acelerado y comercio ilegal de especies (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ], 2016; Gretzinger, 1995; Primack, 1999; Steurer, 2016). Además, presenta una elevada vulnerabilidad al cambio climático debido al incremento de temperatura, disminución de precipitación y desecación de cuerpos de agua estacionales (Anderson et al., 2008; Conap, 2015a)

Hacia el noreste de la RBM se ubica el Biotopo Protegido Dos Lagunas (BPDF), una de las siete zonas núcleo de la RBM y una de las áreas protegidas en mejor estado de conservación, considerada como primordial para la conservación de los procesos ecológicos de la RBM, y entre otras reservas de la Selva Maya en México y Belice (Conap, 2015a; M. García & Leonardo, 2016; Veras, 2009). Cuenta, además, con el mayor potencial para la ocurrencia y sobrevivencia de las poblaciones del tapir centroamericano (*T. bairdii*) (García, Castillo, & Leonardo, 2011; M. García & Leonardo, 2016). El BPDF, al igual que el resto del territorio de la RBM, se caracteriza por tener suelos de origen cárstico con fácil filtración del agua, pero con regiones arcillosas poco permeables que favorecen la formación de cuerpos de agua estacionales, comúnmente llamados “aguadas” (Conap, 2015a; R. García & Radachowsky, 2004; Veras, 2009).

Las aguadas y los tapires son considerados como elementos naturales de conservación en la última actualización del plan de maestro de la RBM (Conap, 2015a). Las aguadas ya que son utilizadas por distintos animales, especialmente el tapir, como fuente hídrica,

de alimento, descanso, vínculo social y protección de depredadores y parásitos, tanto en época lluviosa y seca, siendo en la época seca fundamentales para la sobrevivencia de estos (Akpinar-Ferrand, 2011; Conap, 2015a; M. García, Leonardo, Gómez, García, & Castillo, 2010a; Reyna-Hurtado et al., 2010; Sandoval-Serés, Reyna-Hurtado, Briceño-Méndez, & De La Cerda-Vega, 2016; Whitacre, 1997). Y el tapir centroamericano (*T. bairdii*), ya que es una especie rara y local en peligro de extinción, fundamental en el ecosistema como dispersor de semillas y presa de grandes carnívoros como *Panthera onca* y *Puma concolor* (puma) (Conap, 2009; Convenio Internacional Sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres [Cites], 2017; Cruz, 2001; Estrada, 2008; M. García, Jordan, et al., 2016; M. García, López, & Ramírez, 2015; Harmsen, Foster, Silver, Ostro, & Doncaster, 2011; Janzen, 1981; Moreira et al., 2009; Naranjo, 1995; Naranjo & Cruz, 1998; Taber et al., 2008).

Siendo las aguadas y los tapires fundamentales en la conservación de la RBM, el estudio y protección de estos y su interacción es sin duda un punto clave para formular estrategias de conservación que logren mantener la estabilidad ecológica en distintas áreas protegidas de la reserva, y en especial al BPDFL. Es por ello, que el presente estudio caracterizó el patrón de actividad que los tapires presentan en aguadas del BPDFL, en época seca y principios de la época lluviosa, determinando el patrón de actividad diaria (PDA), el patrón de frecuencia de visita (PFV) y la latencia de visita (LV) que presentan las aguadas en cuanto a la visita de los tapires, así como la relación que estos patrones presentan con las condiciones climáticas (temperatura, humedad y precipitación) y porcentaje de luz lunar. Lo anterior mediante el análisis de los registros de capturas que ha obtenido el Centro de Datos para la Conservación (CDC) del Centro de Estudios Conservacionistas (Cecon) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), durante las épocas secas e inicio de lluviosas (marzo a agosto) de los años 2014 al 2017, mediante la técnica de muestreo de trampas-cámara.

## 4. ANTECEDENTES

### 4.1 Tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*)

En la siguiente sección se describen los aspectos biológicos y de conservación de *T. bairdii* (tapir centroamericano)

#### 4.1.1 Clasificación taxonómica

El siguiente esquema presenta de manera jerárquica ascendente la taxonomía de *T. bairdii*. Recientemente el nombre para la especie fue reconocido como *Tapirella bairdii*, sin embargo, en este documento se refiere a la misma con el nombre que mantenía hasta el 2019, *Tapirus bairdii*.

Dominio Eukarya  
Reino Animalia  
Phylum Chordata  
Subphylum Vertebrata  
Clase Mammalia  
Subclase Theria  
Infraclase Eutheria  
Orden Perissodactyla  
Familia Tapiridae  
Género *Tapirus*  
Especie *Tapirus bairdii*

Nombre común: tapir centroamericano, tapir mesoamericano, danto, danta, vaca de montaña (mountain cow), macho del monte (M. García, Jordan, et al., 2016; Integrated Taxonomic Information System [Itis], 2017; Myers, P, R, Parr, C, S, Jones, T, Hammond, G, S, Dewey, T, 2018; Tapir Specialist Group [TSG], s/f)

#### 4.1.2 Descripción de la especie

*Tapirus bairdii* (tapir centroamericano o danto) es el mamífero más grande del Neotrópico y el segundo más grande de las cuatro especies vivientes (*T. terrestris*, *T. pinchache* y *T. indicus*) (Gómez-Nísino, 2006; Wells, 2009). Llega a medir hasta 2.3 metros de longitud y pesar 350 Kg (770 libras aproximadamente), los adultos son color marrón

oscuro a marrón grisáceo y tienen color crema distintivo en la cara y cuello, con un punto negro en cada mejilla, más atrás y debajo de los ojos; las crías son de color café-rojizo con un patrón de manchas y rayas blancas (Leopold, 1959; Reid, 2009). Son musculosos y tienen patas cortas y delgadas, lo que los hace muy adecuados para el movimiento rápido a través de la maleza (Wells, 2009). El antepié tiene tres dígitos principales y uno más pequeño, mientras que el pie posterior tiene solo tres dígitos, todos con pezuñas; cola tiesa y corta (7-13 cm) (Gómez-Nísino, 2006). La cabeza es grande con el hocico y los labios superiores que se proyectan hacia adelante para formar una probóscide corta y carnosa semiprensil: sus ojos son pequeños y al ras con el lado de la cabeza, mientras que sus orejas son grandes, erectas, ovales y con el borde blanco (Gómez-Nísino, 2006; Nowak, 1999; Wells, 2009). Las hembras tienen un sólo par de mamas ubicadas en la región de la ingle (Gómez-Nísino, 2006). Las medidas corporales son las siguientes: cabeza y longitud del cuerpo - 180 a 250 cm, longitud de la cola - 5 a 13 cm, altura del hombro - 73 a 120 cm (Emmons, 1999). La fórmula dentaria es:  $i\ 3/3, c\ 1/1, p\ 4/3, m\ 3/3 = 42$  (Quse & Fernandes-Santos, 2014; Reid, 2009).

#### **4.1.3 Distribución**

El tapir centroamericano (*T. bairdii*) se encuentra presente en el sur de México, Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, República de Panamá y noroeste de Colombia; históricamente se encontraba en El Salvador y la distribución en Ecuador aun es incierta (M. García, Jordan, et al., 2016; C. Schank et al., 2015; C. J. Schank et al., 2017). En México está presente en los estados Campeche, Chiapas, Región de Chimalapas, Oaxaca, Quintana Roo y Veracruz; potencialmente en Tabasco y Yucatán (Gómez-Nísino, 2006; Naranjo, 2018; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2009). En Belice está presente en todos los distritos, mientras que en Guatemala está presente en los departamentos de Izabal, Petén, Alta Verapaz y Quiché (M. García & Leonardo, 2016). En Honduras está presente en varias localidades de los departamentos de Atlántida, Cortés, El Paraíso, Gracias a Dios, Olancho y Yoro (Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF], 2011). En Nicaragua se distribuye por toda la región de la costa caribeña que desde la Reserva de Indio Maíz a la Reserva de la Biosfera de Bosawás (Jordan & Urquhart,

2013). En Costa Rica está presente en las áreas protegidas de Guanacaste, Rincón de la Vieja, el Complejo Forestal Arenal-Monteverde, Reserva Forestal de San Ramón, los Parques Nacionales Braulio Carrillo, Corcovado, Tortuguero y la Reserva de la Biosfera de la Amistad (Chassot, Monge, & Jiménez, 2006; M. García, Jordan, et al., 2016). En Panamá está registrado mayormente en el lado del atlántico en las provincias de Chiriquí, Bocas del Toro, Veraguas, Coclé, Colón, Panamá, Guna Yala y Darién (M. García, Jordan, et al., 2016; Meyer, Moreno, & Jansen, 2013). En Colombia se ubica en la serranía de Darién frontera con Panamá, en el Parque Nacional Natural Los Katios, Córdoba (Alto río Sinú) y el Chocó (Ungía) (Montenegro, 2005). Modelos preliminares de cobertura boscosa y distribución de hábitat, sugieren que el tapir tiene tres principales regiones núcleo, norte (México, Guatemala y Belice), centro (Honduras y Nicaragua) y sur (Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Colombia) (M. García, Jordan, et al., 2016).

El rango de distribución altitudinal del *T. bairdii* varía entre 0 y 3350 msnm (Naranjo & Cruz, 1998; Reid, 1997, 2009) y podría alcanzar a los 3800 msnm de altitud (Reid, 1997, 2009). Se encuentra en pantanos, manglares, bosques tropicales perennifolio, bosques riparios, bosque tropical subcaducifolio y en bosque mesófilo de montaña (M. García, Jordan, et al., 2016; Matola, Cuarón, & Rubio-Torgler, 1997).

#### **4.1.4 Comportamiento**

##### *4.1.4.1 Patrón de actividad*

El tapir centroamericano (*T. bairdii*) es predominantemente nocturno, sin embargo, presenta actividad durante el día (González, 2015; Lira-Torres, Briones-Salas, & Sánchez-Rojas, 2014; Semarnat, 2009; Wells, 2009; Carbajal-Borges, Godínez-Gómez, & Mendoza, 2014). González (2015) en su estudio de fauna asociada a las aguadas del BPDFL encontró que el tapir se comporta como catameral con predominancia nocturna durante sus visitas a aguadas en el BPDFL. Además, encontró que el tapir presenta una mayor actividad durante la fase lunar de luna nueva y visita las aguadas durante las horas más calientes del día. El comportamiento nocturno de los tapires se piensa que es debido a que estos son animales muy grandes, cuya capacidad de disipación de calor es deficiente (Wells, 2009). En áreas con mucha presión antropogénica, principalmente de cacería, pueden volverse totalmente nocturnos (Naranjo & Cruz, 1998). Por otro lado, la



actividad nocturna también se ha visto incrementada durante la época seca (Foerster & Vaughan, 2002).

Se encuentran altamente asociados a cuerpos de agua, en principio para refrescarse y descansar en las horas más calientes de día (González, 2015; Oliveira-Santos, Machado-Filho, Tortato, & Brusius, 2010). Sin embargo, también los utilizan como medio de resguardo ante depredadores, protección contra parásitos y vínculo social (Conap, 2015b; M. García, Aguilera, Guzmán-Flores, Rodríguez, & González, 2018; M. García, Leonardo, Gómez, García, & Castillo, 2010b; González, 2015; Reyna-Hurtado et al., 2010; Sandoval-Serés et al., 2016). Son excelentes nadadores y buceadores, son capaces de pasar caminando en el fondo de un río para atravesarlo (Semarnat, 2009). Durante el día, los tapires normalmente descansan cerca de cuerpos de agua o bajo vegetación densa (Foerster & Vaughan, 2002). Durante la época seca casi todos sus sitios de descanso son charcos o aguadas (Foerster & Vaughan, 2002). En áreas donde se encuentra marcada una época seca y lluviosa, el tapir centroamericano (*T. bairdii*) duerme en cuerpos de agua poco profundos (o aguadas) en época seca y durante la época lluviosa duerme cercano a ellos (Wells, 2009).

La preferencia del uso de aguadas del tapir centroamericano (*T. bairdii*) puede explicarse desde distintas perspectivas según sus características como el tamaño, vegetación circundante, ubicación y proximidad con otros cuerpos de agua, factores antropogénicos e interacciones ecológicas con otras especies (González, 2015; Pérez-Cortez, Enríquez, Sima-Panti, Reyna-Hurtado, & Naranjo, 2012; Sandoval-Serés et al., 2016). Según Sandoval-Seres et al. (2016), los organismos adultos de tapir tienden a utilizar más los cuerpos de agua con mayor antigüedad que los más recientes. Además, especifica que existe preferencia de las áreas con selvas bajas inundables.

Son animales tímidos y normalmente evitan los encuentros con los humanos, sin embargo, al sentirse amenazados pueden tornarse agresivos, más aún cuando se trata de una hembra con cría (Gómez-Nísino, 2006; Semarnat, 2009).

#### 4.1.4.2 Alimentación

Los tapires centroamericanos (*T. bairdii*) son principalmente ramoneador, aunque tienden a la frugivoría y depredación de semillas (Mejía-Correa, Diaz-Martinez, & Molina,

2014; O’Farrill, Galetti, & Campos-Arceiz, 2013; Semarnat, 2009). Invierten la mayoría del tiempo de actividad en búsqueda de alimentos y característicamente son selectivos de amplia variedad de frutos, hojas, tallos, cortezas y flores (M. García, 2006; Semarnat, 2009). Su patrón de forrajeo es en zigzag y tienen tres diferentes formas de ramoneo según el área en el que se encuentran: 1) de varias especies cuando están en un área pequeña, 2) de una sola especie abundante dentro de un área pequeña, y 3) de varias especies cuando se encuentran en movimiento (Terwilliger, 1978; Wells, 2009). Se ha calculado que pueden consumir hasta 40 kg de vegetación en un día (Villa, 2014).

A pesar de su amplia selección de alimento, consumen en su mayoría hojas y tallos tiernos disponibles en el estrato subarbustivo del bosque (M. García, 2006). Se ha observado también, que forrajean en orillas de claros naturales o antropogénicos ya que en estos sitios germinan plantas pioneras y retoños preferidos por los tapires (Gómez-Nísino, 2006).

#### 4.1.4.3 *Importancia ecológica*

Es una especie fundamental en el ecosistema, y son llamados los arquitectos del bosque, ya que modifican la estructura del bosque mediante la modificación del estrato subarbustivo al paso de su ramoneo, y realizan la dispersión de semillas de distintas especies de árboles, entre ellas el zapote (*Manilkara zapota* (L.)P.Royen (1953)), cuya semilla es muy grande y sus ácidos gástricos no son capaces de digerir y al momento de defecarla la distribuyen en la tierra del bosque, y pueden encontrarse a varios kilómetros de distancia de su origen (Cruz, 2001; M. García et al., 2015; Janzen, 2006; Naranjo, 1995; Naranjo & Cruz, 1998; O’Farrill, 2010; O’Farrill et al., 2013; Taber et al., 2008). Se han reportado hasta 81 especies de plantas (33 familias) de las cuales el tapir consume sus semillas y al menos 61 cuyas semillas quedan intactas o viables (O’Farrill et al., 2013). Por otro lado, es presa de grandes carnívoros como el jaguar (*Panthera onca*) y el puma (*Puma concolor*) (Harmsen et al., 2011; Moreira et al., 2009).

#### 4.1.4.4 *Reproducción y periodo de gestación*

Los tapires centroamericanos (*T. bairdii*) alcanzan la madurez sexual entre los 2 y 3 años y el celo ocurre cada 6-8 meses y puede ocurrir en cualquier época del año, aunque se ha observado que ocurre con mayor frecuencia antes de la época lluviosa (Gómez-

Nísino, 2006; Semarnat, 2009; Villa, 2014; Wells, 2009). Pueden llegar a formar grupos reproductivos de hasta 5 individuos durante el estro de la hembra (Gómez-Nísino, 2006). Los machos presentan una gran actividad durante el celo: caminando, corriendo, sumergiéndose en el agua, mordiéndose mutuamente las patas y el cuerpo, y efectuando repetidos intentos de cópula, acompañados de fuertes silbidos hasta lograr la cópula definitiva (Semarnat, 2009). Las proporciones de sexos son de 1:1 (Gómez-Nísino, 2006).

El apareamiento puede ocurrir en tierra o agua y el periodo de gestación dura entre 390 y 400 días, teniendo únicamente una cría en cada camada que pesa aproximadamente 9.4 – 10 kg (Gómez-Nísino, 2006; Quse & Fernandes-Santos, 2014; Semarnat, 2009). Las crías permanecen un año con la madre y es cuando ocurre el destete; durante este tiempo, la madre tiene posibilidad de reproducirse, sin embargo, no siempre sucede, lo cual vuelve al ciclo reproductivo más lento (Gómez-Nísino, 2006; Matola et al., 1997; Villa, 2014; Wells, 2009). Dado a la estabilidad estacional del hábitat, se sugiere que los tapires forman parejas monógamas de larga duración y manifiestan actividad territorial (Gómez-Nísino, 2006; Matola et al., 1997; Semarnat, 2009; Villa, 2014; Wells, 2009).

#### **4.1.5 Estado de conservación**

El tapir centroamericano (*T. bairdii*) se encuentra en la categoría 2 de la Lista de Especies Amenazadas (LEA) del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) la cual indica que se encuentra en grave peligro de extinción debido a la pérdida de hábitat, comercio, tener poblaciones muy pequeñas, endemismo nacional o regional con distribución limitada (Conap, 2009). Bajo esta categoría, ésta se encuentra restringida únicamente para el uso científico y reproducción con fines de conservación (Conap, 2009; Jolon-Morales & Sánchez-Castañeda, 2006).

En la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (Cites) ésta se encuentra en el apéndice I, el cual indica que la especie se encuentra en peligro de extinción y su comercio internacional de especímenes se autoriza únicamente bajo circunstancias no comerciales, siempre y cuando se autorice mediante la concesión de un permiso de importación y un permiso de exportación (Cites, 2017; Jolon-Morales & Sánchez-Castañeda, 2006). Por último, en la lista roja de

especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) se encuentra como “En peligro” (EN) (M. García, Jordan, et al., 2016).

Los declives poblacionales para el tapir centroamericano (*T. bairdii*) se estima que han sido mayores al 50% en los últimos 33 años (M. García, Jordan, et al., 2016). El análisis poblacional para el 2005 estimó que para esta especie existían <5,500 individuos adultos en vida silvestre, con poblaciones en México <1,500 individuos maduros, <1,000 en Guatemala, <500 en Honduras, <500 en Nicaragua, <1,000 en Costa Rica, <1,000 en Panamá y aproximadamente 250 en Colombia, y que aún continúan en declive en todos los países (TSG, s/f). Los principales factores de la disminución de la población son la destrucción y fragmentación del hábitat principalmente para la agricultura y ganadería, la caza localizada (M. García, Jordan, et al., 2016). Entre 2001 y 2010, México y Centroamérica experimentaron una pérdida neta de 179.405 km<sup>2</sup> de bosque, la Selva Maya en México, Belice y Guatemala, y la costa caribeña de Nicaragua tuvieron las mayores tasas de deforestación durante este período (Aide et al., 2013). Además, la baja tasa de reproducción de la especie la hace más vulnerable a estas amenazas (Matola et al., 1997). Adicionalmente, existe evidencia para sugerir que las enfermedades infecciosas derivadas del ganado pueden contribuir en el futuro con el declive de la especie. Otra amenaza son las colisiones con vehículos (Contreras-Moreno, Hidalgo-Mihart, Pérez-Solano, & Vázquez-Maldonado, 2013; TSG, s/f).

#### **4.1.6 Estudios en Guatemala**

En Guatemala los estudios del tapir centroamericano (*T. bairdii*) se han concentrado principalmente en la actualización de su estado de conservación, dieta y patrón de actividad. García (2004) realizó un estudio acerca de las especies arbóreas potenciales de la dieta del tapir en el Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) en Cobán, Alta Verapaz. García y Radachowsky (2004) en su evaluación ecológica rápida del Parque Nacional Mirador-Río Azul, encontraron que el tapir era una de las especies más frecuentemente capturadas por cámaras trampa. Ruiz y Rodríguez (2005) estudiaron la abundancia poblacional y uso de hábitat del tapir en PNLL y encontraron que hay una población permanente en el área con preferencia del hábitat inundable. Posteriormente, García (2006) realizó una caracterización de la dieta y el hábitat del tapir (*T. bairdii*) en

el PNLL, en el cual determinó que la dieta del tapir se encuentra compuesta por hojas en un 67%, frutos 3% y corteza 2% de al menos 49 especies vegetales pertenecientes a 24 familias, además estableció que la mayor amenaza para los tapires en esa área es la pérdida de hábitat fuera del área protegida. Estrada (2008) estudió indirectamente al tapir como una presa potencial del jaguar y el puma en la Selva Maya. Ruano-Fajardo et al. (2009) realizaron un monitoreo de manadas de jabalí y dantos que visitan las aguadas de la región este del Parque Nacional Mirador-Río Azul, sin embargo, los datos para el tapir fueron escasos por la escala temporal de estudio.

Desde el 2006 a la fecha, el Programa para la Conservación del Tapir, integrado por un grupo de investigadores del CDC-Cecon y otras instituciones, y con el apoyo del Grupo de Especialistas del Tapir (TSG por su sigla en inglés), han realizado investigaciones y proyectos que contribuyen con la conservación del tapir en Guatemala. M. García, Leonardo, Gómez & García (2008) evaluaron el estado de conservación del tapir en Guatemala, para lo cual determinaron que la especie se encontraba en grave peligro de extinción, estimando que existían en ese entonces, 924 individuos en las áreas del Sistema de Áreas Protegidas de Guatemala (Sigap). Además, establecieron 35 áreas prioritarias de conservación del tapir incluidos el Parque Nacional Mirador-Río Azul, Parque Nacional Sierra de Lacandón, Parque Nacional Laguna del Tigre y Reserva de Biósfera Sierra de las Minas. Posteriormente, García et al. (2010b) determinaron a los biotopos universitarios como sitios prioritarios para la conservación del tapir.

Posteriormente, García, Leonardo, Gómez, García, & Castillo (2010a) realizaron un documento para evidenciar la importancia del tapir como una herramienta para el fortalecimiento del Sigap, estableciendo, mediante modelos computacionales, la existencia de 30 áreas con importancia para la conservación del tapir, entre ellas algunas de las antes mencionadas para el 2008 y 2009, incorporando al Biotopo Protegido Dos Lagunas (BPDFL), Biotopo Protegido San Miguel La Palotada el Zotz (Bpsmp), Parque Nacional Yaxha-Nakum-Naranja (Phynn) y Parque Nacional Tikal (Panat), debido a la cantidad de individuos presentes en el área (>1000) según el modelo. En este mismo proyecto, también se desarrolló el primer borrador para la Estrategia para la Conservación del Hábitat del Tapir en Guatemala incluyendo las principales amenazas y

las estrategias para erradicación de estas. Luego, García et al. (García et al., 2011) realizaron una evaluación de la conectividad del hábitat del tapir dónde establecen que la Selva Maya, la cual incluye todas las áreas antes mencionadas para el 2008, 2009 y 2010, y parte del territorio mexicano y beliceño, es de suma importancia para la conservación del tapir centroamericano. Esta cuenta con un índice de conectividad elevado (89.15%) y denota una importancia mayor debido al compromiso y coordinación multinacional.

En el mismo contexto, García y Leonardo en el 2016, realizaron una clasificación del hábitat potencial del tapir para su conservación. En este realizaron modelos computacionales para determinar el hábitat potencial, evaluaron la conectividad, el estado de conservación y análisis morfológico del área; encontrando que el área Noreste de Guatemala, en la región de la Selva Maya, cuenta con el mayor potencial de ocurrencia del tapir y mejor estado de conservación y conectividad. Más recientemente, García, González, Aguilera y Guzmán (2017) realizaron un análisis de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica en el hábitat del tapir, más precisamente en el BPDL y BPSMP; dónde reportaron 34 especies, 50% de mamíferos y 50% de aves, compilando una biblioteca de 17 cantos de aves. Además, estimaron la ocupación del tapir y evaluaron la capacidad actual para el desarrollo de actividades turísticas en la zona núcleo de la RBM. Más recientemente, García y Leonardo (2019) realizaron una compilación de la historia de la distribución del tapir con la cual proyectaron la viabilidad de las poblaciones a 100 años encontrando que es en el Noreste de la RBM, Sierra de las Minas y Sierra de Lacandón (oeste de la RBM) donde se predice una mayor supervivencia. Además, modelaron bajo dos escenarios posibles de cambio climático con lo cual encontraron que el área idónea para la supervivencia varía en tamaño y forma siendo el agua un factor determinante para su supervivencia.

El BPDL se encuentra bajo la administración del Cecon, y en este se han realizado investigaciones directamente con el tapir y algunas que han contribuido de manera indirecta. Recientemente, González (2015) determinó los vertebrados medianos y mayores asociados a aguadas del BPDL. En este describe el patrón de actividad de 20 especies, entre ellos el tapir, obteniendo que éste se comporta como catameral con

predominancia nocturna. Además, estimó el porcentaje de frecuencia de visita a las aguadas en las fases lunares, y la relación de la frecuencia de visita semanal de mamíferos (medianos y grandes) y la temperatura, encontrando que el tapir presenta una mayor actividad durante la fase lunar de luna nueva y visita las aguadas durante las horas más calientes del día. M. García et al. (2018) abordaron la dinámica hídrica y frecuencia de visita de vertebrados medianos y mayores en aguadas del BPDL, donde encontraron que algunas de las aguadas se secaban completamente y se restauraban en época de lluvia. Además, registraron 22 especies de vertebrados, entre ellos el tapir. De manera simultánea a estas investigaciones, el CDC-Cecon, desde el 2013 hasta la fecha, ha realizado monitoreos de tapires en aguadas en el BPDL.

## **4.2 Recurso hídrico**

### **4.2.1 Agua**

El agua es el compuesto más abundante de la Tierra y se encuentra en estado líquido, sólido y gaseoso (Wilse & Surjuit, 1996). Sin embargo, es un reto determinar las cantidades exactas de cada uno de los estados y su lugar de concentración debido al dinamismo que el agua presenta (Shiklomanov, 1998). Se estima que esta cubre cerca del 75% de la superficie terrestre y aproximadamente 97.5% es agua salada y únicamente 2.5% es agua dulce, de la cual el 70% se encuentra en estado sólido en los glaciares y el 30% restante yace en la superficie continental y fuentes subterráneas (Singh & Sharma, 2014). Solo el 0.26% de la cantidad total de agua dulce se concentra en lagos, embalses y sistemas fluviales donde son más fácilmente accesibles para las necesidades económicas y absolutamente vitales para los ecosistemas acuáticos epicontinentales (Shiklomanov, 1998). A pesar del bajo porcentaje de agua dulce que existe, más de 100 mil especies dependen de los ecosistemas acuáticos de agua dulce (World Wildlife Foundation [WWF], 2014).

Por otro lado, el agua es el principal componente de la mayoría de los seres vivos (plantas, animales, hongos, etc.) y desempeña un papel esencial en muchos aspectos de la vida, desde los procesos dentro de las células hasta el comportamiento de los organismos en su entorno. La mayoría de los organismos necesitan agua para llevar a cabo los procesos de digestión y metabolismo, regulación de temperatura, transporte de

sustancias, entre otros (Lynden-Bell, Morris, Barrow, Finney, & Harper, 2010; Singh & Sharma, 2014). Los animales obtienen diariamente el agua a través de dos fuentes principales, ingerida o sintetizada durante procesos metabólicos. Sin embargo, también tienen pérdidas hídricas mediante el sudor, las heces y orina principalmente (Gal, López, Martín, & Prieto, 2007).

#### **4.2.2 Humedales**

Los ecosistemas acuáticos epicontinentales son todas aquellas aguas superficiales que se distribuyen en los continentes, como un arroyo o un río, denominados ecosistemas lótico, es decir que cuentan con una corriente; y las aguas estancadas como pantanos, estanques, lagos y los humedales denominados ecosistemas lénticos (Cervantes, 2007).

Los humedales en sentido estricto se pueden definir como áreas en las cuales el nivel del agua está cerca de, justo al, o encima del nivel de la superficie del terreno (Smith, 1980). Aun así, debe reconocerse que existe una amplia variedad de ecosistemas acuáticos similares a humedales en sentido estricto (Sánchez, 2007). La Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (1971), Convención Ramsar de manera abreviada, por haberse firmado en Ramsar, Irán en 1971, define a los humedales en el artículo 1 de la Convención como *“extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”* .

La importancia de los humedales como sitio Ramsar en principio fue para asegurar el resguardo y protección de las aves migratorias; sin ellos, por lo menos 90 especies de aves no podrían sobrevivir al invierno (Escalante-Pliego, Navarro-Singuenza, & Peterson, 1993). Sin embargo, estos lugares son de gran importancia ya que resguardar gran parte de la biodiversidad y existen muchos organismos que dependen de estos ecosistemas, incluido el humano (Bedoy et al., 2010). Debido a sus condiciones características de oxígeno y sedimentos hay organismos adaptados especialmente a estos ecosistemas, como anfibios endémicos, especies de peces y plantas (Lindig-Cisneros & Zedler, 2005; Sánchez, 2007).



Según la presencia de un período seco los humedales pueden clasificarse como estacionales o permanentes (Lindig-Cisneros & Zedler, 2005). Los cuerpos de agua estacionales podrían parecer poco importantes, no obstante, constituyen una fuente muy importante para el ciclo reproductivo de anfibios, invertebrados y vertebrados de regiones áridas y semiáridas (Sánchez, 2007). Además, son utilizados como fuente de protección contra depredadores, parásitos y sitios de descanso e interacción social (Naranjo, 2001).

#### **4.2.3 Aguadas**

La Selva Maya, y por ende la Reserva de la Biósfera Maya (RBM), se caracterizan por tener suelos de origen cárstico, muy pobres y arcillosos poco permeables que favorecen la formación de cuerpos de agua estacionales, comúnmente llamados “aguadas” (Conap, 2015a; R. García & Radachowsky, 2004; Veras, 2009). Estos se concentran de mayor manera hacia el noreste de la RBM y representan una fuente hídrica importante para la fauna silvestre (Conap, 2015a). En el plan maestro de la RBM, el recurso hídrico lagunar es considerado como un elemento de conservación de filtro grueso, la cual incluye a los lagos, lagunas, lagunetas, aguadas y cenotes (Conap, 2015a). Por tanto, las aguadas son consideradas como elementos naturales de conservación, esto ya que son utilizadas por distintos mamíferos y aves, entre ellos el jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tapir (*Tapirus bairdii*), venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), cabrito (*Mazama* spp.), cochinos de monte (*Pecari tajacu*), jabalí (*Tayassu pecari*), cotuza (*Dasyprocta punctata*), pajuil o faisán (*Crax rubra*), cojolita (*Penelope purpurascens*), entre otras (Conap, 2015a; M. García et al., 2018; M. García, González, & Aguilera, 2016; González, 2015). Estas lo utilizan como fuente hídrica, de alimento, descanso, vínculo social, y protección de depredadores, tanto en época lluviosa y seca, siendo en la época seca fundamentales para la sobrevivencia de estos (Akpinar-Ferrand, 2011; Conap, 2015a; M. García et al., 2018, 2010b; Reyna-Hurtado et al., 2010; Sandoval-Serés et al., 2016; Whitacre, 1997).

Debido a que estos cuerpos tienen como única fuente de abastecimiento las lluvias, cuentan con gran dependencia del patrón de precipitación, los cuales se ven afectados por la temporalidad y el cambio climático (M. García et al., 2018). Su tamaño puede variar desde los 100 m<sup>2</sup> hasta varias hectáreas de extensión, y según este, la probabilidad de

permanencia a lo largo de la época seca varía; así, entre más pequeña mayor es su riesgo de desecación (Reyna-Hurtado et al., 2010). Estudios de predicción en desecación de aguadas en la Reserva de Calakmul sugieren que, al intensificarse los efectos de sequía debido al cambio climático, los animales que utilizan intensivamente las aguadas se verán obligados a desplazarse a dónde haya mayor disponibilidad de estas, posiblemente fuera de la reserva (Reyna-Hurtado et al., 2010).

M. García et al. (2016) evaluaron la dinámica de 5 aguadas en el BPDFL mediante registro fotográfico con cámaras trampa. Ellos encontraron que, a lo largo de la época seca, algunas de las aguadas sufren desecación completa y algunas otras reducen su tamaño, pero permanecen mayor tiempo hasta el abastecimiento de las lluvias. Además, reportaron 22 especies de vertebrados mayores y medianos que visitan las aguadas, de los cuales los más frecuentes fueron *Crax rubra* (faisán), *Odocoileus virginianus* (el venado cola blanca), *T. bairdii* (tapir o danto), *Dasyprocta punctata* (cotuza), *Nasua narica* (pizote) y *Puma concolor* (puma). Recientemente, Montalvo et al. (2019) encontraron que el tapir es una especie muy influenciada en su comportamiento y patrón diario por los cuerpos de agua, tanto en época seca como lluviosa.

#### **4.3 Patrón de actividad**

La vida de la mayoría de los animales se encuentra dividida entre dos estados de comportamiento básicos, actividad y descanso (Halle & Stenseth, 2000). Durante la actividad estos realizan tareas vitales para la supervivencia, como forrajeo, exploración, búsqueda de pareja, patrullaje y marcaje, en el caso de las especies territoriales (Halle & Stenseth, 2000). El descanso es lo opuesto entonces, donde estos se relajan, duermen, cuidan de las crías, y en el caso de los animales sociales, estrechan vínculos y se asean (Halle & Stenseth, 2000).

La forma como los animales distribuyen el tiempo entre las actividades permite establecer cómo utilizan las horas y cómo organizan un patrón, es decir, qué hacen (actividades) y cuándo lo hacen (tiempo) (Lehner, 1979). Los patrones de actividad de una especie son respuestas adaptativas determinadas por las características intrínsecas del animal como fisiología y comportamiento (Fragaszy, Visalberghi, & Fedigan, 2004), sin embargo, pueden estar afectados por el sexo, estatus reproductivo (Kolbe &

Squires, 2007), y factores ambientales como temperatura (Beltran & Delibes, 1994), luz (Nielsen, 1984), temporalidad (Manfredi et al., 2011), depredadores, codepredadores, disponibilidad de presas (Scognamillo, Maxit, Sunquist, & Polisar, 2003), disturbios naturales y perturbación humana (Dyke et al., 1986; Paviolo, Di Blanco, De Angelo, & Di Bitetti, 2009).

Según su patrón de actividad, los animales pueden ser determinados como diurnos, nocturnos o crepusculares. Los diurnos se mantienen activos durante la luz del día, los nocturnos en la oscuridad y los crepusculares se mantienen activos ya sea durante el amanecer y/o el atardecer (Halle & Stenseth, 2000), además, existe una determinación llamada catameral para aquellos que mantienen actividad tanto de día como de noche (Tattersall, 2006). Ikeda et al. (2016) determinaron que los animales catamerales no presentan una diferencia estadística entre sus frecuencias de registro durante el día, la noche y el crepúsculo, es decir presentan una proporción cercana a 1/3 por período, que puede presentar alguna predominancia a cualquiera de los períodos.

#### **4.4 Fototrampeo**

Es una técnica de muestreo no invasiva que permite registrar mediante capturas fotográficas, a través de una cámara trampa activada por movimiento o calor, a los organismos en su estado silvestre (Long, MacKay, Ray, & Zielinski, 2012; Meek et al., 2014). Esta técnica facilita el estudio de los animales en estado silvestre sin la necesidad de la presencia humana y contrarresta el efecto del esta, que podría alterar el comportamiento de los organismos (Díaz & Payan, 2012). Estas han sido utilizadas mayormente para determinar aspectos poblacionales de los organismos y aspectos ecológicos, sin embargo, pueden ser utilizadas para analizar los patrones de actividad y comportamiento de las especies (Burton et al., 2015; Meek et al., 2014; O'Connell, Nichols, & Karanth, 2011; Rovero, Zimmermann, Berzi, & Meek, 2013). Otros aspectos como patrones de actividad diarios, de depredación de nidos, forrajeo, partición de nichos ecológicos, uso de hábitat y patrones reproductivos pueden ser estudiados con esta metodología (Bridges & Noss, 2011).

#### **4.4.1 Frecuencia y latencia de visita**

La frecuencia de visita se define como el número de visitas (registros fotográficos) que los organismos de la misma especie realizan en un periodo de tiempo determinado en un lugar determinado (Díaz & Payan, 2012). La latencia de visita por otro lado se define como, el lapso que los organismos de la misma especie tardan en visitar un lugar determinado (Sandoval-Serés et al., 2016).

#### **4.5 Descripción del área de estudio**

El BPDL se localiza al noreste de Guatemala en el departamento de Petén, colinda con el Parque Nacional Mirador Río Azul al este, oeste y sur, hacia el norte colinda en la frontera con México, con los estados de Quintana Roo y Campeche. Su extensión territorial es de 30,719 hectáreas (307.19 km<sup>2</sup>) (Apéndice 1) (Conap, 2015b; Conap, Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural Ministerio de Cultura y Deporte [DGPCN/MCD], & Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon], 2009; Veras, 2009). Este se encuentra bajo la administración del Cecon de la Usac y por lo tanto forma parte del Sistema Universitario de Áreas Protegidas (Suap) (Cecon, 2013; Conap, 2015b; Conap et al., 2009). Su función ecológica es servir de conectividad espacial y complementariedad de sus distintos hábitats y ecosistemas, principalmente de la Reserva de la Biosfera Maya y la Reserva de Biosfera Calakmul en México (Veras, 2009).

##### **4.5.1 Características físicas**

###### **4.5.1.1 Geología**

El BPDL está incluido en la División Fisiográfica denominada Tierras Bajas del Petén-Caribe (Veras, 2009). La topografía del área presenta en su mayoría planicies y colinas onduladas en variación altitudinal entre 80 - 250 msnm, cuya excepción es el área de serranía que alcanza 421 msnm y corre del sur al norte, pasando por Uaxactún, Dos Lagunas, y la franja oeste del sector Río Azul. Esta serranía divide el área en dos sistemas de drenaje con suelos barrosos y pobremente drenados al oeste y el lado este tiene suelos con baja a moderada fertilidad (Conap et al., 2009). Su topografía es cárstica (Veras, 2009), caracterizada por columnas empinadas y redondeadas seguidos de depresiones (Cecon, 1996). Los suelos están compuestos de arcillas residuales, poco

permeables, poco fértiles y fácilmente erosionables derivados de materiales calizos, superficiales, con la base de piedra caliza (Cecon, 1996).

#### 4.5.1.2 *Clima*

El clima es tropical con una temperatura oscilante entre 20 °C y 30 °C, con una media anual de 25 °C; y una precipitación de 1,160 y 1700 mm/año con variaciones estacionales (Cecon, 1996; ParksWatch, 2002). Durante el invierno (época lluviosa, junio-diciembre) los cuerpos de agua y bajos se inundan ya que la precipitación es de 150 mm/mes. Durante la temporada seca (enero-mayo) el área sufre de hasta tres meses sin lluvia, especialmente durante el evento climático “El Niño”, y el recurso agua se ve limitado tanto para la flora y fauna, así como para los administradores y visitantes del área (Conap et al., 2009).

#### 4.5.1.3 *Hidrología*

Cercano al área, el único río presente es el río Azul, sin embargo, este consiste en secciones inundadas desconectadas durante época seca y no recorre el área del BPDL (Conap et al., 2009). Sin embargo, cuenta con lagunas, lagunetas o “aguadas” y humedales, las lagunas más grandes son las de Dos Lagunas y La Leotina (Conap et al., 2009). Las aguadas son los cuerpos de agua más comunes en el área y usualmente son menores de 30 m de ancho y poco profundos (Conap et al., 2009). Estos son de gran importancia debido a la biodiversidad que dependen de ellas y la dependencia que tienen al clima y su riesgo ante el cambio climático (Conap, 2015a; M. García et al., 2018; Reyna-Hurtado et al., 2010).

### **4.5.2 *Características biológicas***

#### 4.5.2.1 *Flora*

Se han reportado 220 especies, correspondientes a 138 géneros y 64 familias (Ixcot et al., 2005). Su composición florística tiene como especies características al ramón (*Brosimum alicastrum*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*). También se presentan *Swietenia macrophylla*, *Pimenta dioica*, *Bursera simaruba*, *Bucida bucerata*, *Dendropanax arboreus*, *Maclura tinctoria*, *Pouteria reticulata*, *Sabal* spp. y *Talisia olivaeformis* (ParksWatch, 2002). Según Veras (2009) el patrón orográfico del área se divide en 5 clases: bosque alto en relieve medio (47.97%), bosque alto en alto relieve (33.24%),

bosque alto en relieve pronunciado (15.37%), bosque bajo (2.65%) y bosque alto en planicie (0.76%). En serranía se ha observado dominancia de zapotillo de hoja fina (*Pouteria reticulata*) y el ramón (*Brosimum alicastrum*) (Ixcot et al., 2005). En los bajos donde el suelo es profundo, muy pesado y pegajoso durante época lluviosa, y en época seca son áridos y agrietados, se encuentra el tinto (*Haematoxylon campechianum*) como especie dominante conjunta con vegetación herbácea (Ixcot et al., 2005; ParksWatch, 2002). En los bajos también se encuentran dominando especies como el chechén negro (*Metopium brownei*) y el chicozapote (*Manilkara zapota*). Hay regiones de bosque en regeneración llamadas guamiles donde el chacaj (*Bursera simaruba*), el chechén negro (*M. brownei*) y el palo de gusano (*Lonchocarpus castilloi*) dominan (Ixcot et al., 2005).

#### 4.5.2.2 Fauna

En el BPNDL, Ixcot et al. (2005) reportaron 7 especies de anfibios, 38 de reptiles, 118 de aves y 39 de mamíferos, 32 voladores y 7 terrestres. González (2015) reportó 20 especies de vertebrados medianos y mayores asociados a las aguadas del BPDL, entre ellas especies como el tapir (*Tapirus bairdii*), jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), cabrito (*Mazama* sp.), pecarí de collar (*Pecari tajacu*), jabalí (*Tayassu pecari*), entre otras. M. García, González et al. (2016) reportaron 22 especies de vertebrados, 6 de aves y 16 de mamíferos medianos y grandes; dentro de estas el tapir fue una de las especies más registradas. M. García et al. (2017) reportaron 34 especies de vertebrados, 17 de mamíferos y 17 de aves; nuevamente, el tapir se encontró como una especie frecuente.

Para el área colindante, Parque Nacional Mirador-Río Azul, R. García y Radachowsky (2004) registraron 55 especies de herpetofauna, 16 especies de anfibios y 39 de reptiles, de las cuales 11 son endémicas de la Selva Maya; 250 especies de aves, de las cuales 16 son endémicas de la Selva Maya, 47 en listado CITES y más de 55 en la LEA de Conap, 16 especies de peces, al menos 87 especies de mariposas, 42 especies de escarabajos copronecrófagos y 69 especies de mamíferos, 39 voladores y 30 terrestres.

Dentro de los elementos naturales de conservación de la RBM presentes, se encuentran los sistemas hídricos a nivel de ecosistemas (lagunas, lagunetas, ríos, aguadas, etc.) y a nivel de especies como *Panthera onca* (jaguar) y *T. bairdii* (tapir) (Conap et al., 2009).

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 General

Caracterizar el patrón de actividad del tapir centroamericano (*T. bairdii*) en aguadas del Biotopo Protegido Dos Lagunas (BPDF), Petén, durante la época seca y principios de lluviosa.

### 5.2 Específicos

- Determinar el patrón diario de actividad del tapir en aguadas en época seca y principios de lluviosa del año 2014 al 2017.
- Determinar el patrón de frecuencia de visita semanal del tapir en aguadas en época seca y principios de lluviosa del año 2014 al 2017.
- Estimar la latencia de visita del tapir en aguadas en época seca y principios de lluviosa del año 2014 al 2017
- Examinar la relación del patrón diario de actividad, frecuencia de visita semanal y latencia de visita del tapir con las condiciones climáticas (temperatura y humedad) y el ciclo lunar.

## 6. JUSTIFICACIÓN

Los tapires tienen una importancia ecológica como dispersores y modificadores del bosque, y las aguadas son fuente hídrica indispensable de supervivencia para varios organismos en época seca; además, ambos son considerados como elementos naturales para la conservación de la RBM, lo cual hace que el estudio de su interacción y protección sea fundamental para la misma. Debido a que el manejo de la RBM está orientado hacia la conservación de estos elementos, es sin duda, un punto clave para formular estrategias de conservación que logren mantener la estabilidad ecológica en distintas áreas protegidas de la RBM y apoyen la implementación del plan maestro. El presente estudio permitirá conocer, mediante el análisis retrospectivo, acerca del patrón de actividad del tapir, su frecuencia de visita y latencia de visita hacia las aguadas lo que determinaría la importancia de estos cuerpos de agua para la especie durante la época seca y principios de lluviosa. Así también, brindará información acerca de su comportamiento con respecto a las aguadas.

En Guatemala los estudios del tapir se han concentrado principalmente en la actualización de su estado de conservación a través de investigaciones acerca de su hábitat y conectividad de este, estimaciones poblacionales, dieta, patrón de actividad y monitoreo de visita a las aguadas en un período menor a un año (Estrada, 2008; M. García, 2004, 2006; M. García et al., 2018, 2008, 2010a, 2010b; Garcia et al., 2011; M. García & Leonardo, 2016; R. García & Radachowsky, 2004; Ruano-Fajardo et al., 2009). El CDC-Cecon, desde el 2013 hasta la fecha, ha realizado monitoreos de tapires en aguadas en el BPDFL, y cuenta con una base de datos amplia con la cual es posible realizar una caracterización del patrón de actividad de los tapires y determinación de la frecuencia y latencia de visita, en las aguadas del sitio. Esto resulta necesario y hace posible una mejor planificación para el monitoreo de la especie a través del conocimiento de su comportamiento respecto al uso de aguadas.

Con base en esta necesidad y la importancia ecológica, que estos dos elementos naturales de conservación denotan, fundamental para la conservación de la RBM, este estudio pretende realizar una caracterización del patrón de actividad del tapir, incluyendo



la determinación del patrón diario de actividad en las aguadas, la frecuencia y latencia de visita. Con el fin de proponer recomendaciones de conservación y de manejo para contribuir al plan de monitoreo o control actual y remarcar la importancia que tienen estos cuerpos de agua para la especie. Además, pueda servir como base para una estrategia de estudio mediante captura y recaptura, lo cual a su vez favorecería los estudios genéticos, de telemetría, demográficos, filogeográficos, veterinarios, entre otros; que tanto en Guatemala como el resto de los países donde se distribuye el tapir centroamericano siguen siendo escasos.

## **7. HIPÓTESIS**

El patrón de actividad de los tapires para época seca y principios de lluviosa es catameral con predominancia nocturna y con asociación a la fase lunar de luna nueva. Durante su actividad nocturna este se encuentra visitando las aguadas durante horas más calientes de la noche, mostrando una relación positiva en cuanto al aumento de la temperatura y humedad.

## **8. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **8.1 Universo del estudio**

#### **8.1.1 Población**

Tapires que visitan las aguadas del Biotopo Protegido Dos Lagunas (BPDL)

#### **8.1.2 Muestra**

329 registros independientes de tapir obtenidos por fototrampeo durante época seca y principios de lluviosa en aguadas del BPDL del 2014 al 2017 por el CDC-Cecon.

### **8.2 Materiales**

- 1 computadora HP Pavilion Notebook Core i5 7ma generación, Windows10 Home versión 1709
- Base de datos de los años 2014 al 2017, de monitoreo de aguadas del BPDL del CDC-Cecon
- Registros fotográficos de los tapires detectados en las aguadas del BPDL durante los años 2014 al 2017
- Programa Excel 2016
- Software estadístico de R versión 3.5.2.
- Base de datos climáticos de la estación meteorológica automática (EMA) Calakmul II

### **8.3 Métodos**

Para el presente estudio se utilizaron datos recolectados por medio del monitoreo de vertebrados en aguadas del BPDL del Cecon durante la época seca (marzo-mayo) y principio de la lluviosa (junio-agosto) de los años 2014 al 2017, en distintas aguadas del BPDL, ubicado al noreste de Guatemala (Apéndice 1). Debido a la sensibilidad de los datos las aguadas fueron codificadas de A1 a A6.

#### **8.3.1 Colecta de datos en campo**

Para el 2014 y 2015, los datos fueron colectados según la metodología descrita por González (2015) y para el 2016 y 2017 según la metodología descrita por García et al.

(2016a). En el 2014 y 2015 se colocaron estaciones de 3 cámaras-trampa para tres aguadas (A1, A2 y A3), para A4 se colocaron 2 cámaras. Las cámaras fueron marca Bushnell® Trophycam con sensor de movimiento de rayos infrarrojos pasivos (PIR) muy sensible, resolución de 8 MP, 3 fotos por evento de captura, 15 s de intervalo, sensor elevado, con impresión del tiempo y fecha; estas fueron activadas durante la estación seca de marzo a mayo. Para el 2014 se obtuvieron entre 207 y 213 días de muestreo, 4,491 capturas correspondientes a 434 eventos de captura independiente, de los cuales 299 fueron de tapir. Para el 2015 se obtuvieron entre 201 y 2013 días de muestreo, 2944 capturas correspondientes a 401 eventos de captura independiente, de los cuales 11 fueron de tapir.

Para el 2016 y 2017 se colocaron estaciones de dos cámaras-trampa marca Bushnell® Modelo Trophycam 14 MP *Intrussor No Glow* en 6 aguadas (A1 – A6). Una de las cámaras fue orientada hacia el centro del espejo de agua, a una altura aproximada de 1.80 m en un árbol ubicado en el margen. Estas fueron programadas con una resolución de 14 MP, 1 foto por evento de captura, 1 s de intervalo entre eventos de captura, con función de captura por el sensor activada las 24 h y la función *field scan* activada para tomar una foto cada hora de 05:00 a 18:00 h. La segunda cámara fue orientada hacia el margen de la aguada, programada con una resolución de 14MP, 1 foto por evento de captura, 1 s de intervalo entre eventos de captura, con la función de captura por el sensor activada las 24 h y la función *field scan* desactivada. Las cámaras fueron instaladas durante la época seca (marzo-mayo) y principios de la lluviosa (junio-agosto) y estuvieron activas entre 20 a 21 semanas hasta que fueron removidos en el mes de agosto. Para el 2016 se obtuvieron entre 107 y 147 días de muestreo, 27,068 capturas correspondientes a 2,214 eventos de captura independiente, de los cuales 162 fueron de tapir. Para el 2017 se obtuvieron 130 días de muestreo, 13,609 capturas correspondientes a 816 eventos de captura independiente, de los cuales 125 fueron de tapir.

#### 8.3.1.1 *Trabajo de gabinete: registros independientes*

Para los registros obtenidos durante todos los años, las fotografías fueron depuradas bajo el criterio empleado por González (2015). Para especies cuyos individuos no pueden diferenciarse, como el tapir, todas las imágenes de la misma especie que estuvieran

separadas por un intervalo menor a una hora entre fotografías consecutivas fueron considerados como una única visita, es decir un solo evento independiente. También se consideraron eventos independientes las fotografías consecutivas de diferentes individuos, y en las que se observó a más de un individuo, el número de registros independientes considerados fue igual al número de individuos observados en la misma

### **8.3.2 Caracterización**

#### **8.3.2.1 Patrón Diario de Actividad (PDA)**

Para la construcción del PDA se utilizó la base de datos de información de los 329 registros independientes de las fotografías depuradas de los estudios anteriores. Esta se encuentra en formato electrónico y fue manejada en el mismo con la siguiente información para cada registro: lugar, aguada, fecha, hora, estación o cámara, porcentaje de luz lunar, hora de amanecer, atardecer, horas de inicio y final de crepúsculos. Se realizó un gráfico de líneas con el porcentaje de registros en cada hora del día, esto para cada año (PDA anual) y de manera acumulada para los cuatro años (PDA total). El día fue dividido en tres periodos: diurno, nocturno y crepuscular. Para ello se utilizó la hora de amanecer y atardecer, los registros que se encontraban una hora después del atardecer y una hora antes del amanecer fueron clasificados como nocturnos, los que se encontraban una hora luego del amanecer y una hora antes del atardecer fueron clasificados como diurnos. Finalmente, los registros que se encontraron dentro de la hora anterior y posterior al amanecer y atardecer fueron clasificados como crepusculares.

#### **8.3.2.2 Frecuencia de visita (FV)**

Se define, para este estudio, como el número de veces que los tapires visitan la misma aguada en un periodo determinado, en este caso por semana. Se calculó la frecuencia de visita semanal (FVS) como abundancia relativa para poder realizar las comparaciones necesarias independientemente del esfuerzo de muestreo que se tuvo en los distintos años y fallas técnicas de las cámaras. Esta se define como el número de visitas independientes que se tienen en una misma aguada, dividido el esfuerzo de muestreo, en este caso el número de cámaras activas por los días activos de la semana [frecuencia o # de registros / (#cámaras activas\*días activos de la semana)]. Lo cual se traduce como el número de individuos detectados por día utilizando una trampa en una aguada.

#### *8.3.2.2.1 Frecuencia de visita por aguada*

Se estimó para cada aguada la FVS, como el total de los registros semanales dividido el esfuerzo de muestreo de la respectiva aguada en la semana de ese año (2014 a 2017). De esta manera se obtuvo la distribución de frecuencia de visita semana para cada aguada en cada año.

#### *8.3.2.2.2 Frecuencia de visita anual*

A partir de las FVS por aguada se obtuvieron las distribuciones para cada año. Derivado de estos cálculos se realizó un gráfico de cajas con el patrón semanal que presentan los distintos años y el total.

#### *8.3.2.3 Latencia de Visita (LV)*

La LV se define para este estudio como el número de días que pasan para que una misma aguada reciba visita de un tapir desde su última visita, por tanto, la latencia de visita es para las aguadas.

##### *8.3.2.3.1 Latencia de visita anual y total por aguada*

La LV por aguada se calculó como el número en días que tarda en haber una visita independiente desde la última visita registrada en cada aguada por época seca por año. Se obtuvo la distribución de la latencia de visita anual por aguada.

La LV total por aguada se estimó a partir de la combinación de las distribuciones anuales de cada una de las aguadas.

##### *8.3.2.3.2 Latencia de visita anual y total por época seca*

La LV anual se estimó con el total de los datos de LV por aguada para cada año. Para la LV total se utilizaron las LV de todas las aguadas de todos los años combinados como una LV total para la época seca. Se obtuvo la distribución de las latencias anuales y total para la época seca y se graficaron utilizando una distribución semanal.

### **8.3.3 Análisis de datos**

Tomando en consideración que los años no contaron con el registro completo de los meses por robo o disfuncionalidad de las cámaras, que las aguadas muestreadas no fueron las mismas durante todos los años y el hecho de la diferencia de cantidad de

datos colectados, se realizaron análisis estadísticos no paramétricos utilizando el software estadístico de R versión 3.6.1.

#### 8.3.3.1 *Patrón Diario de actividad (PDA)*

La determinación del PDA se basó en la división diaria previamente establecida y se definió según Jiménez et al. (2010) como nocturno si más del 90% de sus registros fueron en la noche (registros nocturnos), diurno si más del 90% de sus registros fueron en el día (registros diurnos), crepuscular si el 50% de sus registros se encontraban en el crepúsculo (registros crepusculares), es decir en el amanecer y/o atardecer, predominancia nocturna si sus registros eran del 70-90% en la noche, o con predominancia diurna si sus registros eran de 70-90% en el día. Si sus registros presentaban menos del 70% en cualquiera de los dos periodos, pero más de 50%, se determinaron como catamerales nocturnos o catamerales diurnos, según fuera el caso. Esto se realizó con los datos de cada año (PDA anual) y el total de los cuatro años combinados (PDA total).

#### 8.3.3.2 *Frecuencia de visita (FV)*

De manera individual por año, se evaluó cuál de las aguadas tuvo la mayor FV. Primero se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis seguidas por una prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de t (función *pairwise.t.test* de R) usando el método de ajuste de Bonferroni, esto utilizando las distribuciones de FVS de las aguadas en el mismo año.

Para determinar cuál era la aguada con mayor FV se utilizaron las FVS por aguada del total de los años y se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis seguidas por una prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de t (función *pairwise.t.test* de R) usando el método de ajuste de Bonferroni.

Para determinar cuál era el año con mayor FV en las aguadas se utilizaron las FVS del total de las aguadas por año y se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis seguidas por una prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de t (función *pairwise.t.test* de R) usando el método de ajuste de Bonferroni.

#### 8.3.3.3 *Latencia de visita (LV)*

De manera individual por año, se evaluó cuál de las aguadas tuvo el menor tiempo intermedio de visita, es decir la menor LV. Para ello se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis entre las aguadas muestreadas del mismo año y posterior se realizó una prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de t (función *pairwise.t.test* de R) usando el método de ajuste de Bonferroni para determinar cuál tenía la menor LV.

Para el total de los años, se evaluó cuál de las aguadas contaba con la menor LV total. Para ello se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis seguidas por una prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de t (función *pairwise.t.test* de R) usando el método de ajuste de Bonferroni para comparar la latencia total entre las aguadas, esto utilizando la LV de cada una de las aguadas combinando todos los años (2014 a 2017).

Por último, se determinó el año con la menor latencia de visita, para ello se utilizaron las LV de todas las aguadas por año y se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis seguidas por una prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de t (función *pairwise.t.test* de R) usando el método de ajuste de Bonferroni para comparar la latencia en cada año.

#### 8.3.3.4 *Relación de variables climáticas y porcentaje de luz lunar con el patrón diario de actividad (PDA), frecuencia de visita (FV) y latencia de visita (LV).*

Para determinar la existencia de relación entre la temperatura, humedad relativa y porcentaje de luz lunar con la FVS, LV (distribución semanal) y el PDA se realizaron pruebas de correlación de Pearson. Los datos de temperatura y humedad se solicitaron al CDC-Cecon, provenientes de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (CGSMN) de la Comisión Nacional del Agua de México (Conagua) correspondientes a la estación meteorológica automática (EMA) Calakmul II ubicada al norte del BPDFL para los meses de marzo a junio para el 2014 y 2015, y los meses de marzo a septiembre para el 2016 y 2017. Los datos climáticos utilizados fueron temperatura del aire (promedio, máxima y mínima), humedad relativa (promedio, máxima y mínima) y precipitación acumulada de dos meses, todos a escala semanal.



Adicionalmente, se obtuvieron los valores exactos de temperatura y humedad de la hora de captura redondeado a la decena de minuto más cercano (p.e. 7:15:15 = 7:10:00), a partir de estos registros se calcularon los valores promedio, máximos y mínimos semanales exactos. Para el PDA únicamente se utilizaron únicamente los datos exactos para la hora de captura redondeada de temperatura y humedad.

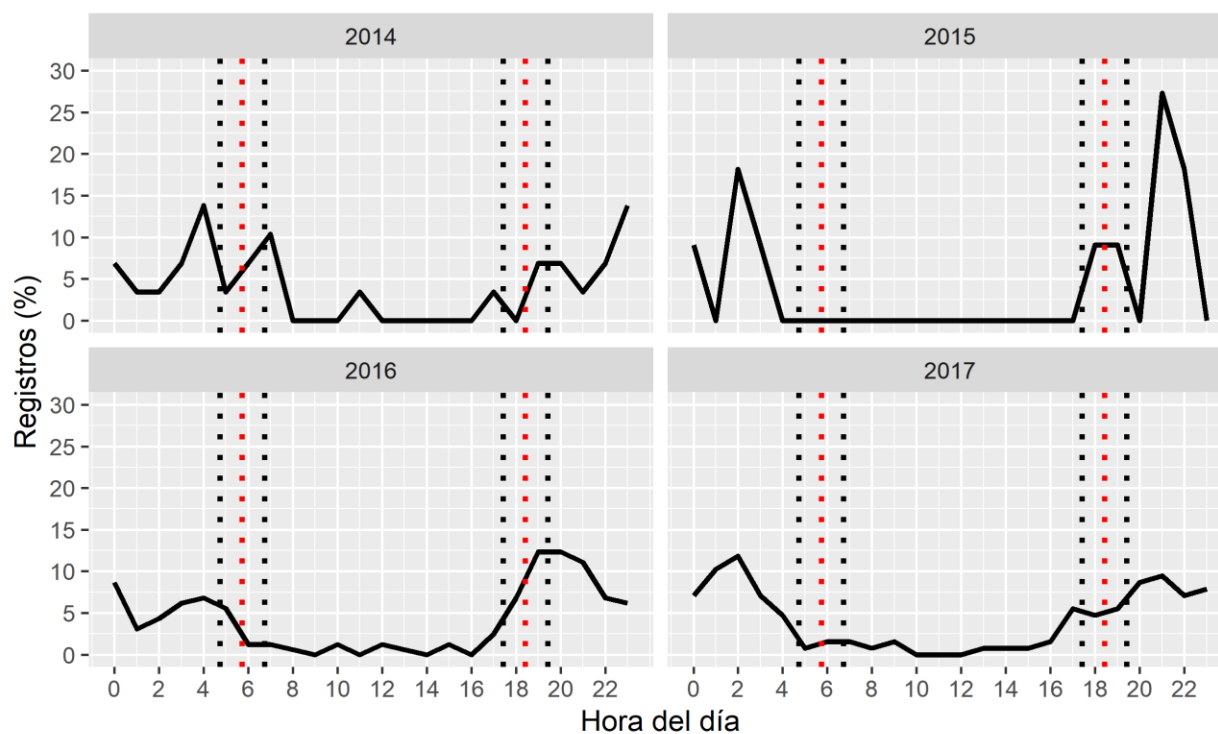
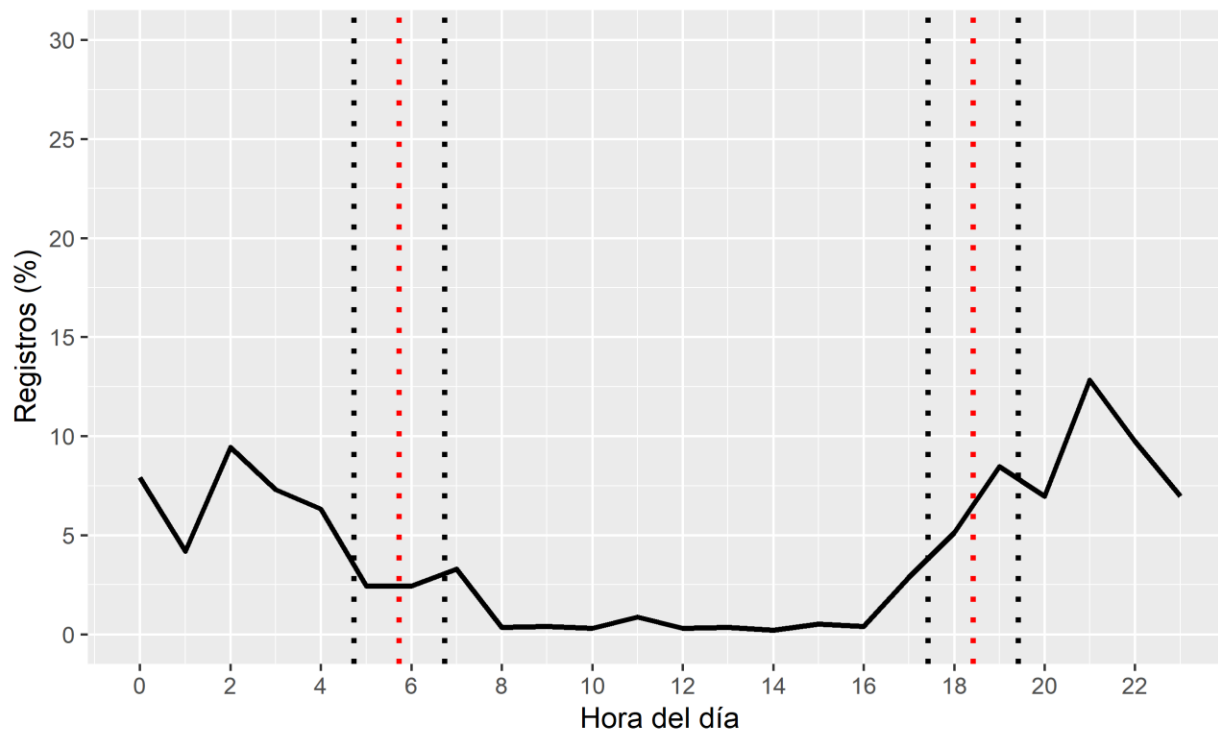
Para evaluar la relación del PDA con el ciclo lunar fue utilizado el % de luz lunar correspondiente al día de cada registro. A partir de los datos se calcularon los valores promedio semanales de cada año para evaluar la relación con los valores semanales de frecuencia y latencia de visita.

## 9. RESULTADOS

### 9.1 Patrón Diario de Actividad (PDA)

El PDA total para *Tapirus bairdii* en el BPD L se encuentra dominado por el período nocturno y crepuscular para época seca y principios de lluviosa (*Figura 1*). Se puede observar que el PDA es constante durante los cuatro años, teniendo el mayor número de registros durante la noche (19:25 - 4:37 h, >65%; Tabla 1, *Figura 1*) con incremento inicial durante el periodo crepuscular por la tarde (17:25 – 19:25 h), y disminuye en el periodo crepuscular por la mañana (4:37 – 6:37 h). En el PDA total, el periodo de mayor actividad inicia alrededor de las 16:00 h y alcanza su mayor punto de actividad luego del periodo crepuscular de la tarde (19:25 h) a las 21:00 h. Desde este punto, su actividad disminuye drásticamente, teniendo nuevamente un marcado incremento a las 2:00 h. Desde esta hora su actividad disminuye considerablemente hacia las 5:00 h para tener un leve incremento después del crepúsculo de la mañana (6:37 h) a las 7:00 h. Finalmente mantiene actividad baja (<10%), aunque constante, durante las horas del día.

Según el porcentaje de registros acumulados en los cuatro años de muestreo, el PDA de *T. bairdii* para época seca se determina como predominantemente nocturno ya que cuenta con menos del 90% de actividad nocturna, pero más de 70% (70.21%). Sin embargo, cuenta con distintas determinaciones por año (Tabla 1), siempre mostrando mayor tendencia al periodo nocturno.



**Figura 1. Patrón Diario de Actividad (PDA) de *Tapirus bairdii* en aguadas del BPDL durante época seca 2014 - 2017.** Líneas punteadas negras indican el inicio y final del crepúsculo por la mañana (4:37-6:37 h) y por la tarde (17:25-19:25 h). Las líneas punteadas rojas indican la hora promedio del amanecer (5:37 h) y atardecer (18:25 h).

**Tabla 1****Hábito de actividad según el porcentaje de registros**

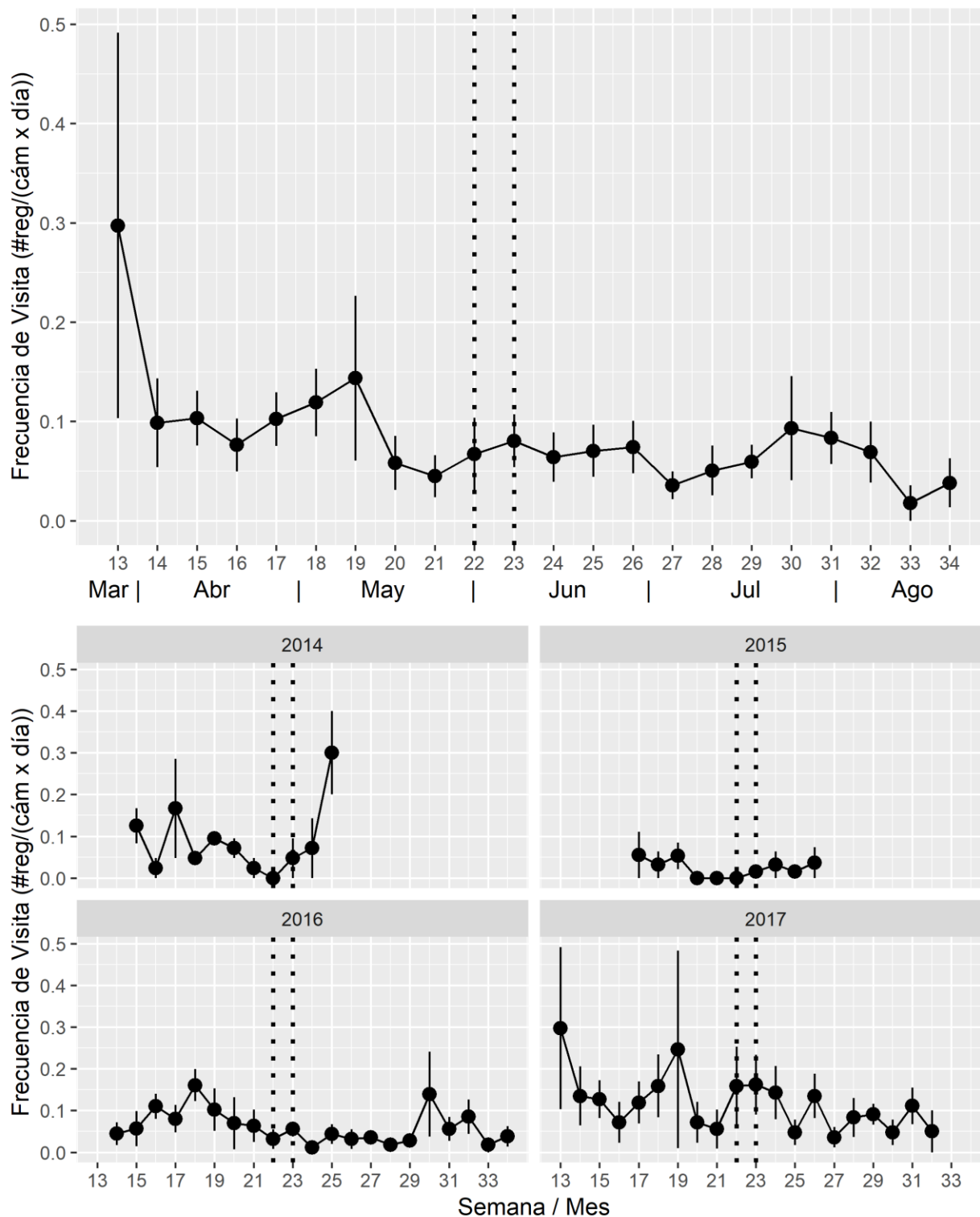
Año	Periodo			N	Hábito
	Diurno	Crepuscular	Nocturno		
2014	20.69%	13.79%	<b>65.52%</b>	29	Cat.noct.
2015	0.00%	18.18%	<b>81.82%</b>	11	Pred.noct.
2016	6.17%	27.16%	<b>66.67%</b>	162	Cat.noct.
2017	10.24%	14.96%	<b>74.80%</b>	125	Pred.noct.
Total	8.81%	20.97%	<b>70.21%</b>	329	Pred.noct.

Fuente: datos obtenidos por CDC-Cecon en 5 aguadas del BPDFL mediante fototrampeo durante época seca 2014-2017. Pred.noct. = Predominantemente nocturno, Cat.noct. = Catameral nocturno. N = número de registros.

**9.2 Frecuencia de visita (FV)****9.2.1 Frecuencia de visita semanal (FVS) por año y total**

La FVS, expresada como abundancia relativa semanal, representa la cantidad de visitas que pueden encontrarse en una aguada, utilizando una cámara por día [número de registros / (cámaras por aguada x días activas en la semana)]. En la *Figura 2* se observan las distribuciones de los registros por año y del total de los años. Este total presenta un valor medio de  $0.08 \pm 0.15$  registros/cámara x día y muestra un patrón con al menos 3 periodos de mayor o aumento de FVS, los cuales son evidentes en uno o en varios de los distintos años. El primer periodo abarca desde la semana 13 a la 19, este corresponde al periodo con mayor FVS y abarca el 70% de la época seca. Durante este periodo la semana con mayor frecuencia de visita es la 13 ( $0.30 \pm 0.48$  reg/cam. x día), la cual también presenta el valor mayor del patrón. El segundo abarca la semana 23 a la 26 que corresponden a finales de junio y principios de julio; correspondientes a principios de la época lluviosa. Finalmente, el tercero abarca de la semana 30 a la 32, que corresponde a finales de julio y principios de agosto (época lluviosa), siendo la semana 31 la que presenta mayor valor de FVS ( $0.10 \pm 0.10$ ).

La FVS de la época seca y lluviosa no son significativamente distintas ( $p > 0.05$ ). La época seca presenta una media de  $0.10 \pm 0.19$  reg./cám.x día y la lluviosa presenta  $0.07 \pm 0.10$  reg./cám.x día.



**Figura 2.** Frecuencia de Visita Semanal (FVS) por año y total de *Tapirus bairdii* en aguadas del BPDL durante época seca del 2014 al 2017. Valores expresados como medias (puntos) y desviación estándar (barras). Líneas punteadas marcan el inicio de la época lluviosa.

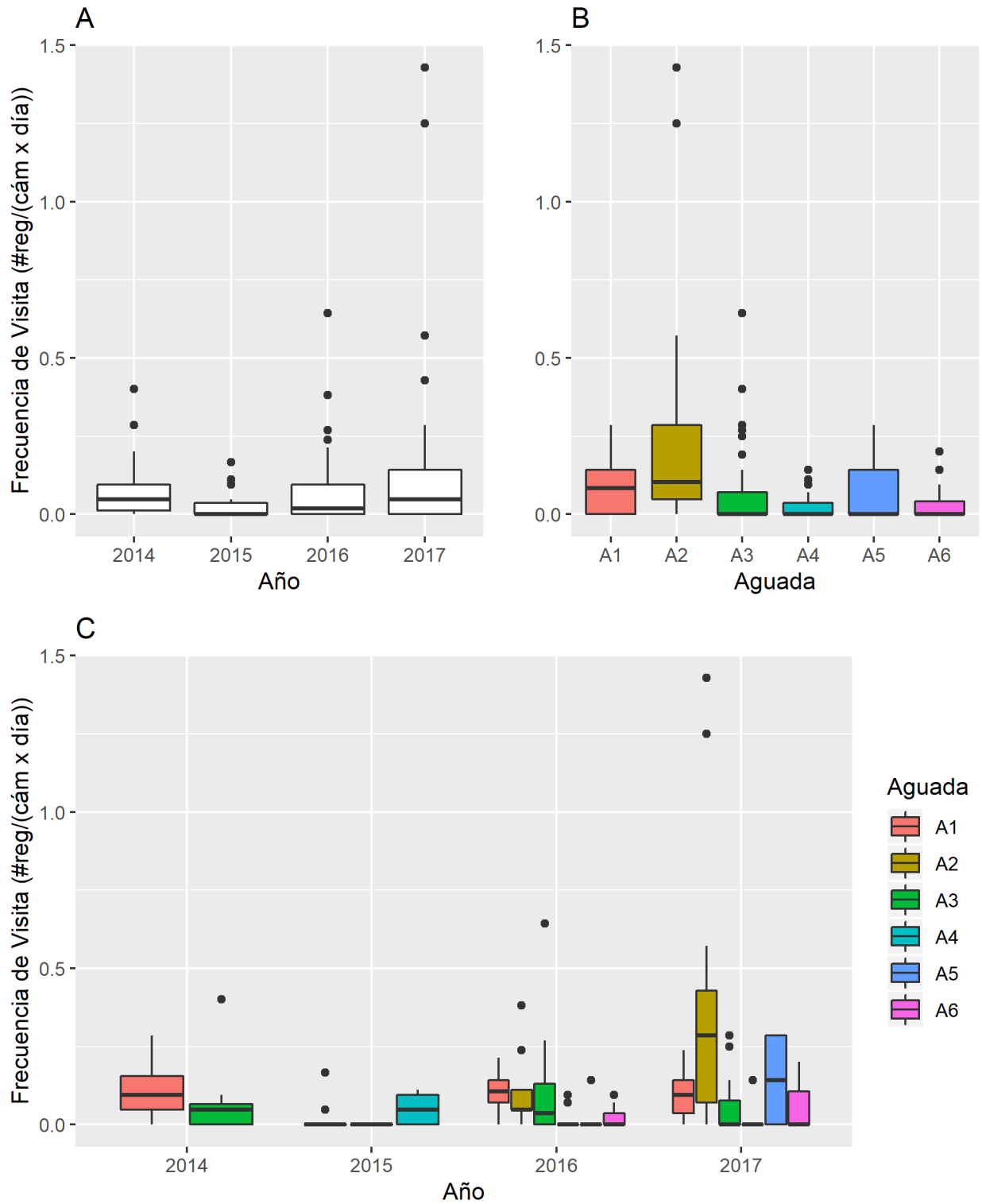
Este patrón puede observarse con algunas semanas diferentes, pero con los momentos de mayor frecuencia constantes a lo largo de los 4 años. En el 2014 y 2015 el primer y segundo periodo coinciden con el patrón total. En el 2016 el patrón se acentúa en el primero y tercer periodo. Para el 2017 todos los periodos son evidentes con modificación del tercero, donde éste es de más larga duración (semana 22 a 26)

### **9.2.2 Frecuencia de visita (FV) anual y total por aguada**

Anualmente, la FV promedio del 2017 ( $0.12 \pm 0.20$  registros/(cámara\*día) es mayor que la del 2015 y 2016 ( $0.02 \pm 0.05$  y  $0.06 \pm 0.09$  registros/(cámara x día),  $p < 0.01$ ), pero muy similar a la del 2014 ( $0.09 \pm 0.10$  registros/(cámara x día),  $p = 1.00$ ; *Figura 3A*, Tabla 2), a pesar que la del 2014 no es distinta a la del 2015 y 2016 ( $p > 0.05$ ). Del total, la FV para la época seca es de  $0.08 \pm 0.09$  registros/(cámara x día).

Del total de los registros por aguada, la aguada A2 es la que presenta mayor frecuencia de visita con respecto del resto de las aguadas ( $0.21 \pm 0.30$  registros/(cámara x día);  $p < 0.01$ ; *Figura 3B*, Tabla 2).

De manera individual por año, la FV de las aguadas es cambiante (*Figura 3C*, Tabla 2). En el 2014 las aguadas presentan una FV similar entre ellas ( $p > 0.05$ ). En el 2015 la aguada A4 presenta una mayor FV que A3 ( $0.05 \pm 0.05$  y  $0.00 \pm 0.00$  registros/(cámara x día) respectivamente;  $p < 0.05$ ), sin embargo, no difiere del valor de la aguada A1 ( $0.02 \pm 0.05$  registros/(cámara x día);  $p > 0.05$ ). En el 2016 las aguadas con mayor FV son A2 y A1 ( $0.10 \pm 0.10$  y  $0.10 \pm 0.06$  registros/(cámara x día) respectivamente;  $p < 0.05$ ), seguido de A3, que, a pesar de ser similar con estas últimas, no presenta diferencia con el resto de las aguadas ( $0.09 \pm 0.15$  registros/(cámara x día);  $p > 0.05$ ). Finalmente, en el 2017 la aguada con mayor FV es A2 con respecto del resto de las aguadas ( $0.34 \pm 0.39$  registros/(cámara x día);  $p < 0.01$ ).



**Figura 3. Frecuencia de Visita (FV) anual y total de *Tapirus bairdii* en aguadas del BPDL durante época seca del 2014 al 2017. Las cajas muestran la mediana y cuartiles superior e inferior, líneas verticales muestran el rango de variación.**

**Tabla 2*****Frecuencia de vista anual y total por aguada***

AGUADA	2014	2015	2016	2017	TOTAL
A1	<b>0.10 ± 0.09</b>	0.02 ± 0.05	<b>0.10 ± 0.06*</b>	0.10 ± 0.08	0.09 ± 0.08
A2			<b>0.10 ± 0.10*</b>	<b>0.34 ± 0.39*</b>	<b>0.21 ± 0.30*</b>
A3	0.07 ± 0.11	0.00	0.09 ± 0.15	0.06 ± 0.09	0.06 ± 0.11
A4		<b>0.05 ± 0.05*</b>	0.01 ± 0.03	0.03±0.06	0.02 ± 0.05
A5			0.01 ± 0.04	0.14 ± 0.13	0.08 ± 0.12
A6			0.02 ± 0.03	0.04 ± 0.07	0.03 ± 0.05
TOTAL	0.09 ± 0.10	0.02 ± 0.05	0.06 ± 0.09	<b>0.12 ± 0.20*</b>	0.08 ± 0.15

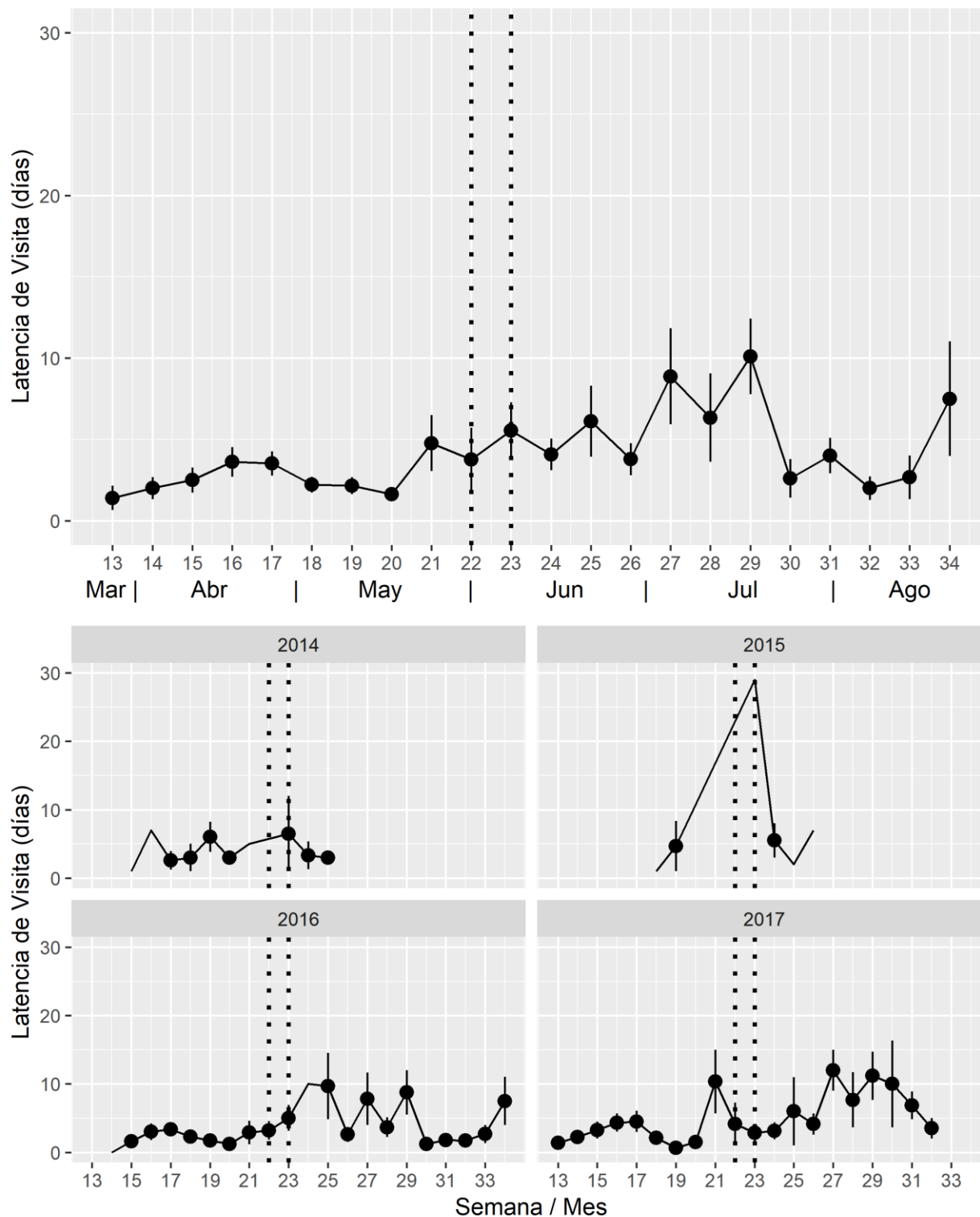
Datos expresados como media ± desviación estándar (#registros / (cámara x día)). Cifras en negrillas valores mayores. \*Valores significativos con prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de t (función *pairwise.t.test* de R 3.5.2) usando el método de ajuste de Bonferroni ( $p < 0.01$ ) con respecto al total o mayoría del resto de los valores correspondientes al mismo conjunto de datos.

**9.3 Latencia de visita (LV)**

El patrón de latencia de visita semanal (LVS) muestra al menos 2 periodos en los cuales la latencia es menor al valor medio ( $4.36 \pm 7.08$  días), es decir que el tiempo intermedio de visita es más corto (Figura 4). El primero abarca de la semana 13 a la 19, correspondientes a finales de marzo y principios de mayo (época seca). Este periodo cuenta con un promedio de  $2.48 \pm 2.73$  días de latencia, siendo la semana 13 la que presenta el valor medio menor ( $1.40 \pm 1.67$  días). El segundo comprende de la semana 30 a la 33, finales de julio a mediados de agosto, con un valor promedio de  $3.27 \pm 5.09$  días de latencia, siendo la semana 32 la que presenta el valor medio menor ( $2.00 \pm 2.72$  días).

La LVS de la época seca y lluviosa son significativamente distintas ( $p < 0.01$ , prueba de Kruskal-Wallis). La época seca presenta una media de  $2.95 \pm 4.46$  días mientras que la lluviosa presenta  $5.98 \pm 8.95$  días.





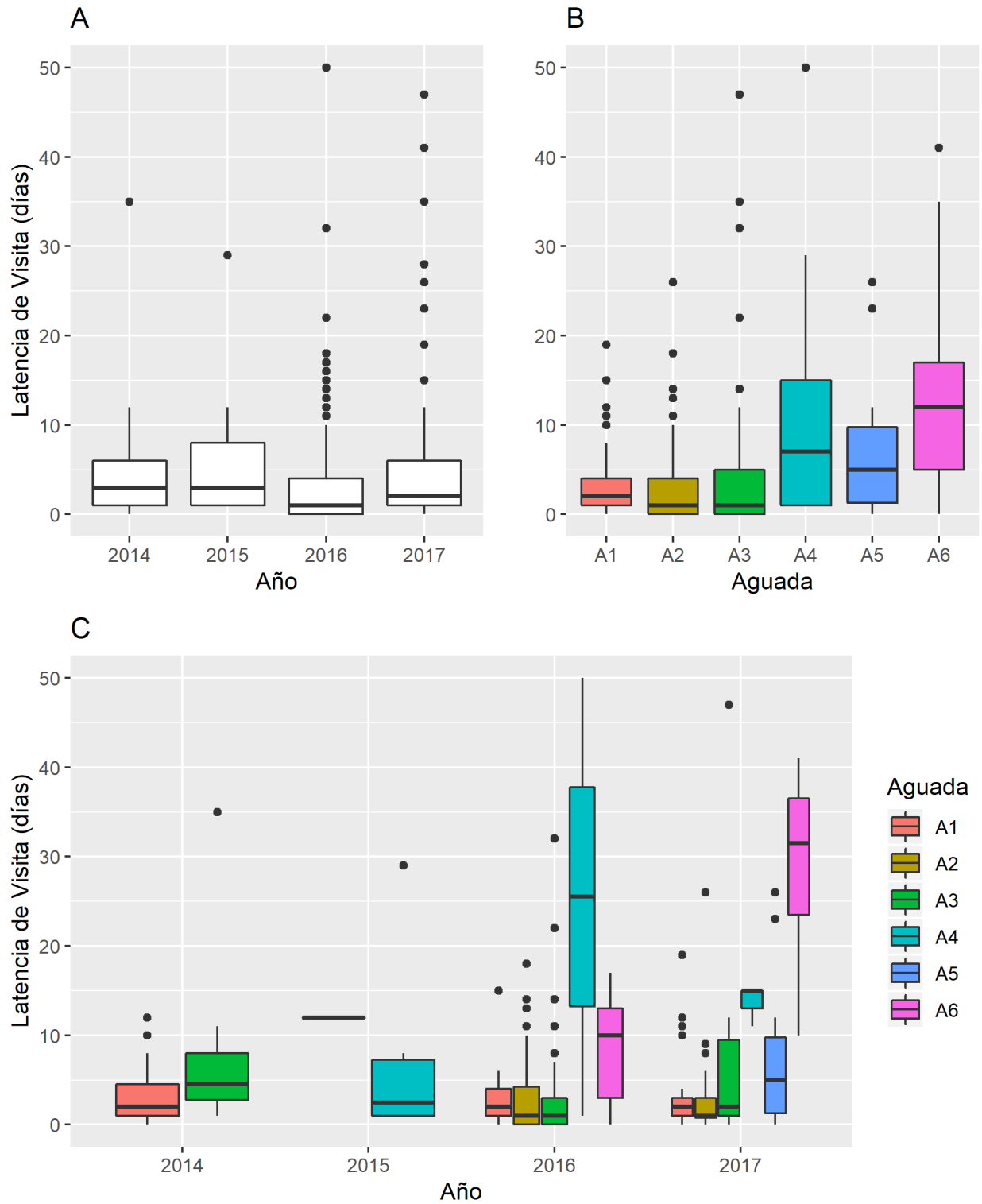
**Figura 4. Latencia de Visita Semanal (LVS) de *Tapirus bairdii* en aguadas del BPDL durante época seca del 2014 al 2017. Valores expresados como medias (puntos) y desviación estándar (barras). Líneas punteadas marcan el inicio de la época lluviosa.**

### **9.3.1 Latencia de visita (LV) anual y total por aguada**

Anualmente, la LV no presenta una diferencia que permita determinar que ésta es distinta entre los años ( $p>0.05$ ; *Figura 5A*, Tabla 3). Sin embargo, el año que presenta un valor medio menor de LV es el 2016 ( $3.44\pm 6.02$  días). Del total, para la época seca y lluviosa el valor medio de LV es de  $4.36\pm 7.08$  días.

Respecto al total de las LV por aguada, todas las aguadas presentan una menor LV con respecto de A4 y A6 ( $p<0.01$ ), sin embargo, no presentan diferencia entre sí ( $p>0.05$ ; *Figura 5B*, Tabla 3).

De manera individual por año, algunas de las aguadas presentan diferencias en cuanto a su LV (*Figura 5C*, Tabla 3). En el 2014 y 2015 no es el caso, particularmente en el 2015 no se pudo hacer dicha comparación debido a que la aguada A1 presentaba únicamente un dato de latencia. En el 2016 todas las aguadas cuentan con una LV menor que la aguada A4 ( $13.67\pm 2.31$  días;  $p<0.01$ ) pero, no presentan diferencia entre ellas ( $p>0.05$ ) excepto la aguada A1 que cuenta con una LV menor respecto a A6 ( $2.33 \pm 2.44$  y  $8.56 \pm 6.46$  días respectivamente;  $p<0.05$ ), que tiene el segundo valor medio mayor. Del resto de aguadas, la aguada A1 es la que presenta el valor medio menor de LV ( $2.33\pm 2.44$ ) seguido por A2 y A3 ( $3.18\pm 4.34$  y  $3.07\pm 6.09$  días). En el 2017 todas las aguadas presentan una menor LV con respecto a A4 ( $13.67\pm 2.31$  días,  $p<0.01$ ) excepto A6. Estas aguadas no presentan diferencia entre sí ( $p>0.05$ ), sin embargo, la aguada con menor valor medio de LV es A2 ( $2.80\pm 4.54$  días) seguido de A1 ( $3.17\pm 4.04$  días).



**Figura 5. Latencia de Visita (LV) anual y total de *Tapirus bairdii* en aguadas del BPDL durante época seca del 2014 al 2017. Las cajas muestran la mediana y cuartiles superior e inferior, líneas verticales muestran el rango de variación.**

**Tabla 3****Latencia de Visita (LV) anual y total por aguada**

AGUADA	2014	2015	2016	2017	TOTAL
A1	3.47 ± 3.53	<b>12</b>	2.33 ± 2.44**	3.17 ± 4.04*	2.90 ± 3.38*
A2			3.18 ± 4.34*	2.80 ± 4.54*	3.00 ± 4.41*
A3	<b>8.50 ± 11.16</b>		3.07 ± 6.09*	7.13 ± 11.84*	4.58 ± 8.43*
A4		6.50 ± 9.50	<b>25.50 ± 34.65</b>	13.67 ± 2.31	<b>11.08 ± 14.28</b>
A5				7.06 ± 7.40*	7.06 ± 7.40*
A6			8.56 ± 6.46*	<b>28.50 ± 13.43</b>	<b>14.69 ± 12.83</b>
TOTAL	4.96 ± 6.90	<b>7.11 ± 9.08</b>	3.44 ± 6.02	5.21 ± 8.07	4.36 ± 7.08

Datos expresados como media ± desviación estándar. Cifras en negrilla valores mayores.

\*Valores significativos con prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de t (función *pairwise.t.test* de R 3.5.2) usando el método de ajuste de Bonferroni ( $p < 0.01$ ) con respecto a los valores mayores, \*\*respecto de otro valor adicional. gloria

#### **9.4 Relación de variables climáticas y porcentaje de luz lunar con el patrón diario de actividad (PDA), frecuencia de visita (FV) y latencia de visita (LV).**

El PDA, la FVS y LV presentaron asociaciones particulares con una o más de las variables ambientales y ninguna con ciclo lunar (Tabla 4).

##### **9.4.1 Patrón Diario de Actividad (PDA)**

El PDA presentó correlación positiva con la temperatura exacta al momento de fotocaptura (promedio  $r = 0.3553$ , y máxima  $r = 0.4033$ ;  $p < 0.01$ ) y negativa con la humedad relativa exacta al momento de fotocaptura (promedio  $r = -0.4211$  y mínima  $r = -0.4312$ ,  $p < 0.01$ ). El rango de temperatura exacta al momento de fotocaptura oscila entre los 16.0 y 39.9 °C, con una media de  $28.99 \pm 4.44$  °C para la temperatura promedio y  $33.28 \pm 3.15$  para la temperatura máxima °C. Por otro lado, los valores de temperatura promedio y máxima exacta al momento de fotocaptura, para los picos de actividad oscilan entre 20.90 y 39.90 °C, con valores medios de  $32.41 \pm 3.06$  °C (T. promedio) y  $33.86 \pm 3.51$  °C (T. máxima) para el periodo de 20:00-22:00 horas, y  $25.43 \pm 1.47$  °C (T. promedio) y  $32.89 \pm 3.51$  °C (T. máxima) para el periodo de 1:00-3:00 horas. Los valores de humedad relativa exacta al momento de fotocaptura oscilan entre 27 y 100%, con una media de  $65.56 \pm 20.61\%$ , y los valores para los picos de actividad igualmente oscilan entre 27 y

100%, sin embargo, presentan una media de  $79.00 \pm 11.28 \%$  para el periodo de 1:00-3:00 horas, y  $49.68 \pm 15.06 \%$ .

Durante el día, los valores de temperatura (ambiental y exacta al momento de fotocaptura) se encuentran, en su mayoría, cercanos a los  $25-26^{\circ}\text{C}$ , con un máximo de  $31^{\circ}\text{C}$  y un mínimo  $21^{\circ}\text{C}$ .

#### **9.4.2 Frecuencia de Visita Semanal (FVS)**

La FVS presenta correlación ( $p < 0.01$ ) negativa con la precipitación acumulada semanalmente y negativa con la humedad relativa exacta (mínima) al momento de fotocaptura (Tabla 4). Los valores de precipitación oscilan entre 0 y  $106.40 \text{ mm}^3$ , con una media de  $11.79 \pm 22.17 \text{ mm}^3$ . Para los periodos con mayor frecuencia de visita estos valores son variables, en el primer periodo (semana 13-18) la media es de  $2.19 \pm 4.86 \text{ mm}^3$  y para la semana 13, cuyo valor de FVS es el mayor de todo el patrón, el valor medio es de  $0.00 \pm 0.00 \text{ mm}^3$ , en el segundo periodo (semana 25-26) la media es de  $12.65 \pm 13.98 \text{ mm}^3$ , y para el tercer periodo (semana 30-32) la media es de  $32.21 \pm 27.46 \text{ mm}^3$ . La semana con menor FVS es la semana 33 ( $0.0179 \text{ reg/cam.} \times \text{ día}$ ) y el valor medio de precipitación acumulada es de  $26.8 \pm 0.00 \text{ mm}^3$ . Durante el año 2017 la precipitación para la semana 33 fue de  $984.3 \text{ mm}^3$ , sin embargo, debido a la sensibilidad de las pruebas estadísticas este dato fue tomado como NA, no obstante, es importante mencionarlo debido al valor de FVS para dicha semana.

#### **9.4.3 Latencia de Visita (LV)**

En cuanto a la LV, esta presenta correlación ( $p < 0.05$ ) con la temperatura tanto ambiental (negativa con la máxima y positiva con la mínima; Tabla 4) como con la temperatura exacta al momento de fotocaptura (negativa con la máxima; Tabla 4). Los valores de estas van de 13 a  $41.9^{\circ}\text{C}$ , con una media de  $26.67 \pm 1.17^{\circ}\text{C}$  para la ambiental, y  $28.99 \pm 4.40^{\circ}\text{C}$  para la exacta al momento de fotocaptura. Para los periodos con menor latencia de visita, la temperatura ambiental oscila entre  $25.48$  y  $27.33^{\circ}\text{C}$ ; el primer periodo (semana 13-19) presenta una media de  $26.74 \pm 1.23^{\circ}\text{C}$ , donde la semana 13, cuyo valor de latencia es el menor para todo el patrón semanal de LV ( $1.40 \pm 1.67$  días), presenta una media de  $26.41 \pm 0.00^{\circ}\text{C}$ . Para el segundo periodo (semana 30-33) la

media tiene un valor de  $26.18 \pm 0.75$  °C. En cuanto a la temperatura exacta al momento de fotocaptura, los valores para los periodos de menor LV tienen un rango de 16.00-39.90 ° C, con medias de  $29.26 \pm 5.02$  ° C (semana 13-19) y  $29.62 \pm 3.87$  ° C (semana 30-33), para el primer y segundo periodo respectivamente. En la semana 13 el valor medio es de  $31.33 \pm 4.29$  ° C.

**Tabla 4**

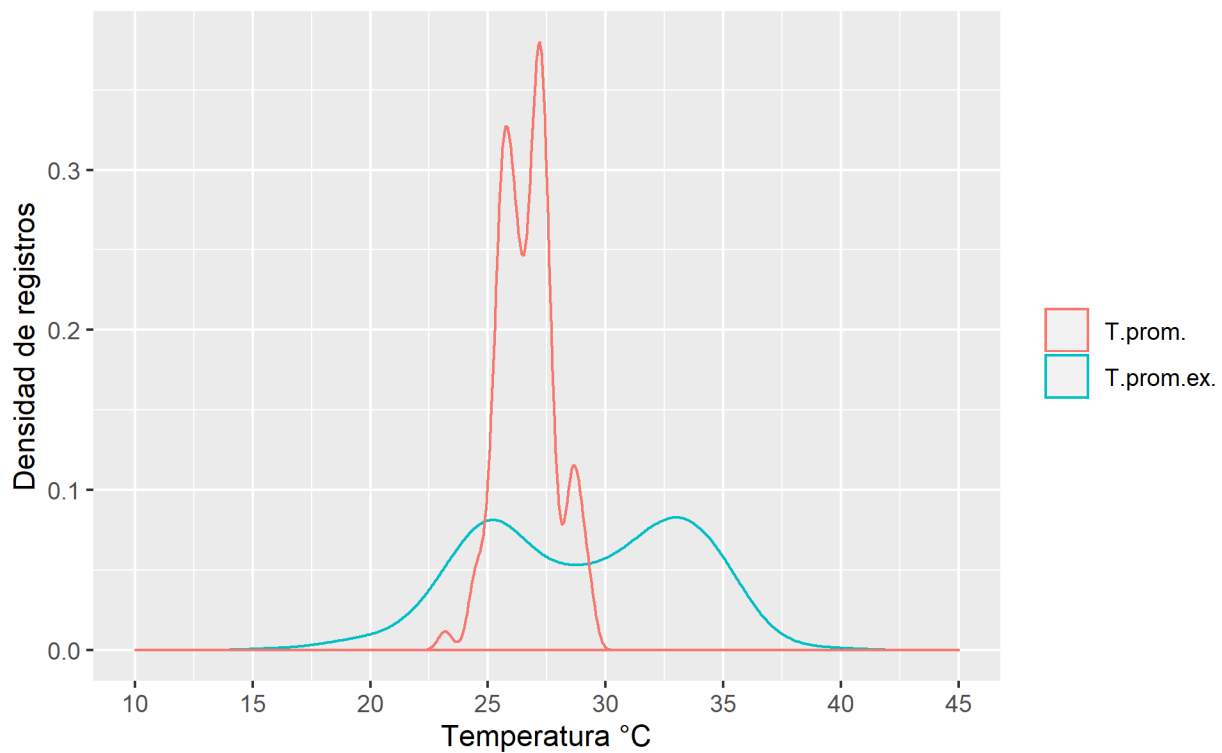
***Coefficientes de Correlación entre las variables climáticas y ciclo lunar con los patrones de actividad diaria, frecuencia y latencia de visita total.***

		Coeficiente de Correlación de Spearman (r)			Valores		
		PDA	FVS	LV	Min	Prom	Max
Temperatura (°C)	Prom		0.0256	-0.0720	13	26.67	41.9
	Min		-0.0932	* <b>0.1700</b>			
	Max		0.0301	* <b>-0.1477</b>			
Humedad Relativa (%)	Prom		-0.0393	* <b>0.1634</b>	18	77.18	100
	Min		-0.0207	<b>0.1225</b>			
	Max		-0.0944	0.0778			
Temperatura Exacta (°C)	Prom	* <b>0.3553</b>	-0.0289	-0.1208	16	28.99	39.9
	Min	0.1603	-0.1021	0.1013			
	Max	* <b>0.4033</b>	0.0509	* <b>-0.2100</b>			
Humedad Relativa Exacta (%)	Prom	* <b>-0.4211</b>	-0.0358	* <b>0.1270</b>	27	65.56	100
	Min	* <b>-0.4312</b>	<sup>p=0.05</sup> -0.1178	* <b>0.2561</b>			
	Max	-0.0933	0.0198	0.0099			
% Luz Lunar		0.0306	-0.0098	0.0486	0	50.94	100
PPT acumulada (mm <sup>3</sup> )			* <b>-0.1529</b>	0.0816	0	11.79	106.4

Fuente: Datos obtenidos en software R 3.5.2. Prom: promedio, Min: mínima, Max: máxima. Cifras en negrillas indican significancia estadística ( $p < 0.05$ ) para la prueba de correlación de Pearson, \* $p \leq 0.01$ . Ver Apéndices 3-5.

Además, la LV muestra una correlación ( $p < 0.05$ ) positiva con la humedad relativa (promedio y mínima) y humedad relativa exacta (promedio y mínima) al momento de fotocaptura (Tabla 4). Los valores de la humedad relativa ambiental oscilan entre 18-100% con una media de  $77.18 \pm 7.49$  % mientras que los valores exactos al momento

de fotocaptura oscilan entre 27-100%, y presentan una media de  $65.56 \pm 20.61$  %. Para los periodos con menor latencia de visita los valores oscilan entre 27-100 % para el primero periodo (semana 13-19) y entre 64-89 % para el segundo (semana 30-33), con medias de  $71.10 \pm 4.52$  % y  $59.02 \pm 19.70$  % respectivamente. La semana 13, cuyo valor de latencia es el menor del periodo, presenta medias de  $68.66 \pm 0.00$  % y  $54.33 \pm 17.37$  %, para humedad relativa ambiental y humedad relativa exacta al momento de fotocaptura respectivamente.



**Figura 6. Densidad de registros en función de la temperatura promedio.** Línea roja representa los valores de la temperatura promedio semanal, línea azul representa los valores de temperatura promedio exacta al momento de fotocaptura.

## 10. DISCUSIÓN

### 10.1 Patrón Diario de Actividad (PDA)

El PDA total de *Tapirus bairdii* en aguadas del BPDL para época seca es predominantemente nocturno (70.2% de registros), similar a lo reportado por otros autores para la Selva Maya y Costa Rica (Foerster & Vaughan, 2002; González-Maya et al., 2012; Lira-Torres & Briones-Salas, 2012; Lira-Torres et al., 2014; Pérez-Cortez et al., 2012; Semarnat, 2009). A pesar de que no en todos los años se reportó como predominantemente nocturno (>90% de los registros durante la noche), la tendencia de uso de las horas fue mayor en el horario nocturno (>50% y <70%, Tabla 1), tal y como lo reporta Carbajal-Borges et al. (2014) para México y González (2015) para el BPDL, Guatemala. Es importante mencionar que estos resultados son en función de las aguadas, por lo que su PDA puede variar si se analiza en senderos, caminos o en distintos tipos de cobertura vegetal, tal y como Medici (2010) reporta para *Tapirus terrestris* (tapir de tierras bajas).

El comportamiento nocturno de los tapires se piensa que es debido a que estos son animales muy grandes, cuya capacidad de disipación de calor es deficiente, lo cual es útil para evitar el estrés hídrico que podría darse durante las horas del día con mayor temperatura (Foerster & Vaughan, 2002; Pérez-Cortez et al., 2012; Wells, 2009). En áreas con mucha presión antropogénica, principalmente de cacería, pueden volverse totalmente nocturnos (Naranjo & Cruz, 1998), sin embargo no es el caso para el BPDL. El patrón encontrado en este estudio para ambas épocas no difiere el uno del otro ( $p>0.05$ ), sin embargo, en otros estudios la actividad nocturna se ha visto incrementada durante la época seca con respecto de época lluviosa, debido a la diferencia de temperatura ambiental que se crea en época lluviosa por las lluvias durante horas luz del día (Foerster & Vaughan, 2002; Lira-Torres et al., 2014).

Este comportamiento nocturno también se ha observado en el tapir amazónico de tierras bajas (*Tapirus terrestris*) tanto para época seca como lluviosa (Medici, 2010; Noss et al., 2003; Trolle, Noss, Cordeiro, & Oliveira, 2008). También se ha observado en el tapir de montaña (*T. pinchaque*), lo cual se relaciona al hecho que estos usan mayormente sus



sentidos olfativo y auditivo en comparación con la visión (Padilla & Dowler, 2007). El comportamiento nocturno no es el único mecanismo por el cual los tapires evitan el estrés hídrico por temperatura, se ha observado que estos evitan también las altas temperaturas mediante la búsqueda de sombra y lugares húmedos, así también la búsqueda de cuerpos de agua (Alger, Vaughan, & Foerster, 1998; Lizcano, Cavelier, & Mangini, 2001; Oliveira-Santos et al., 2010).

Sus picos de actividad se presentan alrededor de las 20:00-22:00 horas y 1:00-3:00 horas (*Figura 1*), muy similar a lo reportado por otros autores para México, Belice y Guatemala (González, 2015; Harmsen et al., 2011; Lira-Torres et al., 2014; Pérez-Cortez et al., 2012) y cercano a lo reportado para Costa Rica (González-Maya, Schipper, & Rojas-Jiménez, 2009; Williams, 1984).

El PDA presenta una correlación positiva de magnitud media con la de temperatura exacta al momento de la fotocaptura (T. promedio  $r=0.3553$  y T. máxima  $r=0.4033$ ,  $p<0.01$ ), similar a la encontrada por González (2015) con datos colectados en las mismas aguadas durante el año 2013 (T. máxima  $r=0.369$  y T. mínima  $r=-0.288$ ); y correlación negativa de magnitud media con la humedad relativa exacta al momento de la fotocaptura (H. promedio  $r=-0.4211$ , H. mínima  $r=-0.4312$ ). Esto indica que la actividad del tapir aumenta en las noches donde la temperatura media es más elevada y disminuye conforme la humedad relativa aumenta. El comportamiento nocturno, como se indicó anteriormente, permite contrarrestar el estrés hídrico causado por la transpiración en horas con altas temperaturas, sin embargo, en la noche la actividad de los tapires en las aguadas aumenta cuando la temperatura aumenta. Este patrón también ha sido observado en *T. pinchaque* durante noches más cálidas (Oliveira-Santos et al., 2010). Por otro lado, la baja capacidad transpiración por altos valores de humedad relativa reduce a su vez la capacidad de regular la temperatura corporal y de igual manera causa estrés hídrico (Habeeb, Gad, & Atta, 2018). Es por ello que al disminuir la humedad la actividad del tapir aumenta, aun cuando la temperatura aumenta.

En cuanto al porcentaje de luz lunar, el PDA no muestra una asociación con este. A pesar que en esta investigación los resultados sugieren una preferencia por luna creciente y gibosa en comparación con el resto de fases. Estas diferencias, al igual que las

encontradas en este estudio, pueden estar dadas debido al rango de duración establecido para cada fase y pueden no mostrar una preferencia de las primeras. Harmsen et al. (2011) relacionan esta falta de asociación al hecho que los tapires no son presa principal de los jaguares o pumas; al ser un mamífero de talla grande el peligro por depredación en noches más iluminadas es menor, por lo que no presenta una preferencia de fase de luna nueva o de bajo porcentaje de luz lunar. Rodríguez (2015) obtuvo resultados similares donde el patrón de actividad de *T. bairdii* no presentaba relación con el porcentaje de luz lunar, e indica que esto puede estar enmascarado por la densidad del bosque y la nubosidad que se presenta en el área, lo cual impide el paso de luz lunar. Por otro lado, Santacruz (2012) encontró que los tapires de montaña (*T. pinchaque*) si presentan filia lunar, sin embargo, no presenta una preferencia de fase lunar en sitios con vegetación cerrada en contraste con sitios abiertos con menor vegetación donde su actividad es mayor en luna llena. González (2015), sin embargo, encontró que, para la misma área y aguadas, *T. bairdii* presentan un mayor porcentaje de registros en fase de luna nueva y cuarto creciente, relacionándolo a que estos prefieren utilizar las aguadas cuando las noches son oscuras.

## **10.2 Frecuencia de visita (FV)**

El FVS total del tapir (*T. bairdii*) muestra tres periodos de mayor frecuencia de visita (FV). A pesar de que este no tiene una relación con significancia estadística con las variables climáticas (temperatura y humedad), el patrón sugiere asociación con estas. En cuanto a la temperatura, la FVS aumenta cuando la temperatura promedio y máxima aumentan, tanto para los valores promedio del ambiente como los tomados al momento de las fotocapturas, lo cual indica que los tapires visitan las aguadas con mayor frecuencia cuando los valores de temperatura aumentan. González (2015) encontró correlación con la frecuencia de fotocapturas y la temperatura ambiental al momento de fotocaptura (máxima  $r=0.369$  y mínima  $r=-0.288$ ) para el tapir (*T. bairdii*), sin embargo, en el presente estudio la relación se encuentra en función de la FVS, que está estimada como abundancia relativa según el esfuerzo de muestreo semanal. No obstante, González (2015) explica que esta relación no es directamente proporcional, debido a que el modelo lineal generalizado demuestra el umbral, a partir del cual la frecuencia de los registros

disminuye. Ya que la mayoría de los registros se encuentran durante la noche, este patrón se asume que ocurre en las horas calientes de la noche, tal y como se explicó en la sección anterior.

Al analizar los patrones semanales de temperatura ambiental y exacta al momento de fotocaptura durante ambas épocas de los cuatro años de muestreo, estos muestran que las primeras semanas (13 a la 19) son las que cuentan con los valores mayores de temperatura, patrón similar al descrito por M. García, González, et al. (2016) en el análisis temporal de aguadas en el BPDFL. En este mismo periodo, es donde también los valores mayores de frecuencia de visita se presentan, lo cual sugiere que los tapires visitan las aguadas con mayor frecuencia durante la época seca, desde finales de marzo a principios de mayo. De manera contraria, la FVS disminuye gradualmente cuando la temperatura disminuye al final de la época seca y principios de la lluviosa (mayo-agosto).

Según la curva de densidad de registros en función de la temperatura ambiental promedio, los datos muestran un comportamiento bimodal (*Figura 6*), mostrando la existencia de dos posibles umbrales que ocurren a los 25°C y 27°C, sin embargo, según la temperatura exacta al momento de fotocaptura, el rango es más amplio y ocurren a los 25°C y 33°C. Estos resultados son similares a estudios previos realizados en la misma área por M. García, González, et al. (2016) y González (2015), el primero explica que la temperatura umbral promedio de los registros para el total de las especies registradas es de 25°C, esto utilizando sensores automáticos y el segundo establece que el umbral de la temperatura máxima ocurre a los 38°C, utilizando datos de la estación meteorología automática (EMA) Calakmul II, misma que es utilizada en este estudio. M. García et al. (2018) evaluaron la correlación entre los datos generados por los sensores automáticos y los brindados por la EMA Calakmul II y encontraron que tanto la temperatura como la humedad presentaban correlación,  $r=0.8638\pm 0.02$  y  $r=0.8425\pm 0.02$  respectivamente. También hacen mención que el umbral encontrado en dicho estudio (25°C) podría corresponder al encontrado por González (2015) de 38°C. A pesar de la similitud de los datos, los reportados por dichos autores son en función del total de las especies estudiadas, por lo que el umbral para el tapir puede no ser el mismo.

Esta bimodalidad puede estar dada por efecto del comportamiento ambiental de las variables y no una preferencia de los individuos, sin embargo, es necesario realizar análisis posteriores. Además, es oportuno considerar la evaluación de los rangos y valores óptimos de otras especies como el jaguar, puma, jabalí y coche de monte, entre otros, que pudieran estar afectando en el comportamiento del tapir.

Respecto a la humedad, la FVS aumenta cuando la humedad promedio disminuye, tanto para los valores promedio del ambiente y valores exactos al momento de fotocaptura. Como bien se explicó anteriormente, el aumento de la humedad influye de manera negativa el PDA del tapir, sin embargo, con la FVS no muestra correlación con valor significativo, lo cual puede estar dado por un efecto de homogenización que puede ir combinado por el efecto de las otras variables. Durante el patrón semanal, los valores de humedad aumentan gradualmente luego de la semana 22, justo al inicio de la época lluviosa y es también en esta semana cuando la temperatura empieza a disminuir gradualmente. En este momento la FVS empieza a disminuir, lo cual sugiere que los tapires visitan menos las aguadas al final de la época seca y durante la lluviosa, cuando la humedad relativa ha aumentado y la temperatura ha disminuido. Es importante tener en cuenta que los patrones de lluvias y disponibilidad de agua pueden estar influenciando estos cambios de temperatura y humedad, al igual que el patrón de FVS. Según la curva de acumulación de registros en función de la humedad relativa ambiental, el umbral de se ubica al 70-75%, y según la humedad relativa exacta al momento de fotocaptura es al 80%.

A pesar de que los valores promedio de temperatura ambiental y humedad relativa ambiental no difieren en gran medida del promedio de los valores tomadas al momento de fotocaptura, los valores máximos son menores que los ambientales y los mínimos son mayores. Esto indica que los tapires evitan las horas con valores promedios máximos de temperatura y humedad, y prefieren valores por encima de sus mínimos promedios ambientales. Al evaluar el valor mayor de FVS (1.4286 reg./día x cam.), semana 19, año 2017, aguada A2) se encontró que para la temperatura promedio ambiental el valor fue de 26.98°C mientras que la registrada al momento de fotocaptura fue de 30.65°C, sin embargo, los valores para la temperatura máxima fueron de 37.60°C y 34.80°C

respectivamente; y los mínimos fueron 14.40°C y 25.5°C respectivamente. Al efectuar la prueba de correlación de Spearman se encontró que la correlación entre la temperatura ambiental y la exacta al momento de fotocaptura es de  $r=0.2655$  ( $p<0.01$ ), y para la humedad relativa ambiental y al momento de fotocaptura es de  $r=0.4152$  ( $p<0.01$ ), por lo que podría tener efectos de sesgo utilizar promedios ambientales semanales.

Respecto a la precipitación acumulada semanalmente, la FVS, presenta correlación con significancia estadística ( $-0.1529$ ,  $p<0.01$ ), lo que sugiere que los tapires visitan con menor frecuencia las aguadas cuando la precipitación aumenta. Durante las lluvias, el recurso hídrico se encuentra disperso y abundante por lo que la búsqueda en las aguadas es menor, y aumenta luego del cese de las mismas, cuando las aguadas se han abastecido de agua por las lluvias anteriores. Este patrón es similar al encontrado por Sandoval-Seres et al. (2016) durante su estudio de frecuencias y latencias de visitas de tapires en aguadas en la Reserva de Biosfera Calakmul en México, donde describen que los tapires visitan con mayor frecuencia las aguadas durante época seca que en época lluviosa. No obstante, la relación entre la precipitación y la visita en las aguadas no está clara ya que la correlación es baja. Esto puede estar influenciado por la cobertura del bosque, tipo de vegetación, elevación, entre otros factores fisiográficos de las aguadas, que a su vez pueden afectar la permanencia y disponibilidad de agua en estas. En el tapir amazónico (*T. terrestris*) se ha observado que cuando se encuentra en áreas abiertas la frecuencia de captura es menor debido a las lluvias; sin embargo, en áreas cerradas la frecuencia de captura no disminuye y el efecto es menos evidente, esto atribuido al hecho que utilizan la vegetación como resguardo en lluvias intensas, lo cual además favorece la visión, oído y olfato (Oliveira-Santos et al., 2010). Estudios recientes multianuales de la abundancia del tapir en Calakmul no evidencian una relación entre la abundancia y precipitación, ni la disponibilidad de agua en aguadas, sin embargo, se obtuvo que para el año 2015, con menor valor de precipitación, se obtuvo mayor abundancia relativa en aguadas (Reyna-Hurtado et al., 2019).

De las aguadas estudiadas, la que presenta una mayor FV para la época seca es la A2 ( $0.21\pm 0.30$  registros/(cámara x día);  $p<0.01$ ; Figura 3B, Tabla 2). Estudios de la composición vegetal y dinámica de las aguadas en el BPDL han evidenciado que tanto

el espejo de agua como el tipo de vegetación influyen la frecuencia de visita de distintas especies (M. García et al., 2018; González, 2015). La aguada A2 se caracteriza por presentar bosque alto y denso con especies dominantes de serranía como el *Brosimum alicastrum* (ramón) y *Pouteria* sp. (el zapotillo), suelos arcillosos que permiten la larga permanencia de agua y asociación con plantas acuáticas (González, 2015). Esta aguada, además, es la que presenta valores menores de temperatura con respecto del resto de aguadas y el mayor de humedad (M. García et al., 2018). Sandoval-Serés et al. (2016) indica que los cuerpos de agua cuya permanencia de agua es más prolongada son los más visitados por los tapires en la región de Calakmul, México.

En segundo puesto, la aguada A1 presenta una mayor FV para los años 2015 y 2016 con respecto del resto de aguadas. Esta aguada, a diferencia de A2, presenta mayor diversidad vegetal y vegetación baja característica de lugares inundables con especies como el *Bucidas buceras* (pucté), *Lonchocarpus guatemalensis* (palo gusano) *Haematoxylum campechianus* (tinto) *Metopium brownei* (chechén) y *Eugenia capulí* (chilonche), entre otras (González, 2015). También presenta suelo arcilloso y el espejo de agua más grande del resto de las aguadas, además ha mostrado la mayor acumulación de agua durante el 2015 y 2016 (M. García et al., 2018; González, 2015).

Los cuerpos de agua estacionales podrían parecer poco importantes, no obstante, constituyen una fuente muy importante para el ciclo reproductivo muchos organismos de regiones áridas y semiáridas (Sánchez, 2007). En general, las aguadas son de suma importancia para los tapires y otras especies, especialmente durante época seca, no solo como medio para refrescarse y consumo de agua, sino también para resguardo, socialización, limpieza de parásitos, entre otros (Akpinar-Ferrand, 2011; Conap, 2015a; M. García et al., 2010a; Reyna-Hurtado et al., 2010; Sandoval-Serés et al., 2016; Whitacre, 1997). A pesar que las aguadas A2 y A1 fueron consideradas como aguadas permanentes por Gonzalez (2015), M. García et al. (2018) evidenciaron que durante las semanas 18 a la 22 del 2015 todas las aguadas del BPDFL sufrieron total desecación, incluida la A2 y A1, lo cual es contrastante con las semanas en las cuales la FV es menor, tanto para el 2015 como para el 2016 y 2017. Reyna-Hurtado et al. (2019) encontraron que para el 2015, solamente el 15% de las aguadas estudiadas en Calakmul tenían

disponibilidad de agua, y fue en ese mismo año donde se presentó la abundancia relativa más alta durante los 10 años de análisis, sin embargo, esto sucedió debido al hecho que una de las aguadas aún se encontraba con agua y fue la más visitada.

Este suceso ha demostrado ser recurrente y que podría agravarse con el cambio climático actual (Reyna-Hurtado et al., 2019). En el monitoreo de aguadas del CDC-Cecon en el BPDFL durante el 2018 y 2019 se reportó la desaparición del espejo de agua de la mayoría de aguadas, incluidas la A2 y A1 (comunicación personal, RRHH Cecon, 2019). Además, personal de Cecon indican que durante la época seca del 2019 al menos dos tapires distintos se acercaron a la laguna del BPDFL, aún con la presencia de personas, para consumir agua durante el día (comunicación personal, RRHH Cecon, 2019). Reyna-Hurtado et al. (2019), en su estudio de patrones poblacionales en función de la disponibilidad de agua, expresan que existe una disminución en las abundancias del tapir y lo relacionan al hecho que disponibilidad ha ido disminuyendo gradualmente desde el 2008 al 2018.

Debido a que estos cuerpos tienen como única fuente de abastecimiento las lluvias, cuentan con gran dependencia del patrón de precipitación, los cuales se ven afectados por la temporalidad y el cambio climático (M. García et al., 2018). Esta dinámica afecta a la fauna que depende de estos cuerpos de agua y estudios han demostrado que los tapires inclusive se acercan a comunidades o regiones con recurrencia de personas en donde hay estancamientos o cuerpos de agua (Reyna-Hurtado et al., 2019). También, se ha reportado que los tapires recorren distancias de hasta 10 km, aparentemente para la búsqueda de agua (Sandoval-Serés et al., 2016).

En cuanto al análisis anual, el valor medio de FV para el año 2017 es el mayor de todos ( $0.12 \pm 0.20$  registros/(cámara\*día);  $p < 0.05$ ). Este año es el que presenta menor precipitación de todos, sin tomar en cuenta el valor para la semana 33 con  $948 \text{ mm}^3$ . Reyna-Hurtado et al. (2019) encontraron que en Calakmul el año con menor valor de precipitación (2015) contaba con mayor abundancia relativa en aguadas (Reyna-Hurtado et al., 2019). No obstante, la disponibilidad de agua en aguadas durante época seca se encuentra relacionada con la lluvia del año anterior además de la vegetación y suelo conformante.

### 10.3 Latencia de visita (LV)

La LV muestra una media de  $4.36 \pm 7.08$  días para el total del patrón y los valores por época son diferentes entre sí ( $p < 0.01$ ) siendo la época seca (LV  $2.95 \pm 4.46$  días) la que presenta un valor menor que la lluviosa (LV:  $5.98 \pm 8.95$  días), resultado que también fue encontrado por Sandoval-Seres et al. (2016) para las aguadas de Calakmul, sin embargo, son mayores ( $10.86 \pm 14.47$  y  $9.60 \pm 18.49$  días, en época seca sitio con menor y mayor perturbación, respectivamente; y  $38.56 \pm 54.20$  y  $39.25 \pm 53.52$  días en época lluviosa).

El patrón semanal de latencia de visita (LVS) muestra que los periodos cuyos valores de latencia son menores se contraponen al menos a dos periodos con mayor frecuencia de visita (semana 13-19 y semana 30-33). Estos periodos también corresponden a los intervalos con mayor y menor temperatura y humedad, respectivamente, reflejado en los coeficientes de correlación obtenidos.

Con respecto a la temperatura, la LVS muestra una relación negativa (T. ambiental max  $r = -0.1477$ ; T. max, exacta al momento de fotocaptura.  $r = -0.2100$ ) indicando que las aguadas tienen un lapso de tiempo menor en días para recibir una nueva visita, cuando la temperatura máxima aumenta, mientras que presenta una relación positiva con la humedad (ambiental: H. min.  $r = 0.1634$  y H. prom.  $r = 0.1225$ ; al momento de fotocaptura: H. min.  $r = 0.1270$  y H. prom.  $r = 0.2561$ ) lo cual indica que este lapso aumenta cuando la humedad relativa aumenta. Estas relaciones son opuestas a las que sugieren con la FVS, debido a que mayor frecuencia de visita, el intervalo en días del tiempo que tardan los tapires en visitar las aguadas se reduce, dando así una menor latencia de visita. Las relaciones fisiológicas del aumento de temperatura y humedad explican nuevamente esta situación, ya que a mayor temperatura y humedad la capacidad de transpiración se reduce, sin embargo, en una situación de mayor temperatura y menor humedad es favorable para los tapires, ya que la capacidad de transpiración es mayor, por lo tanto, el estrés hídrico por deshidratación es menor.

Del total de aguadas, A4 y El A6 son las que presentan mayor LV, lo cual indica que son las menos recurridas por los tapires, esto se relaciona al hecho que estas aguadas son las que retienen menor tiempo el agua (M. García et al., 2018; M. García, González,



et al., 2016; González, 2015). El resto de aguadas no presentaron diferencias entre sí, sin embargo, las que presentan un menor valor de LV son las mismas que presentan una mayor FV, A2 y A1 ( $3.00 \pm 4.41$  y  $2.90 \pm 3.38$  días respectivamente). Como se mencionó anteriormente, estas aguadas cuentan con características de vegetación y suelo que posibilitan el estancamiento prolongado del agua, que a pesar que han sufrido de patrones constantes de desecación, han sido determinadas como aguadas con importancia para distintos taxones, debido a la densidad y riqueza de especies reportadas tanto de plantas arbóreas y herbáceas, como animales vertebrados (M. García et al., 2018; González, 2015).

A pesar de que la relación entre la latencia y la precipitación acumulada no muestra una significancia estadística, al evaluar el patrón semanal de ambas épocas estas presentan diferencias (luego de la semana 23 (inicio de época lluviosa), que es la semana con la mayor cantidad de precipitación, la latencia aumenta en las siguientes semanas, aun cuando la precipitación disminuye drásticamente hacia la semana 28. En el BPDL durante la época lluviosa (junio-diciembre) los cuerpos de agua y bajos se inundan ya que la precipitación es mayor, sin embargo, durante la época seca (enero-mayo) el área sufre de hasta tres meses sin lluvia, especialmente durante el evento de “El Niño” (Conap et al., 2009), y como bien se mencionó anteriormente, las dinámicas que sufren las aguadas es en gran parte por la dependencia del patrón de lluvias lo cual afecta al desplazamiento y supervivencia del tapir (M. García et al., 2018; Sandoval-Serés et al., 2016).

Es por ello que los planes de manejo y conservación de la RBM que estén orientados a la protección del tapir y/o aguadas, deben tomar en cuenta tanto los patrones de precipitación y cambios climáticos, así como la conectividad del área para el desplazamiento de fauna asociada a estos cuerpos de agua. Esta conectividad debe trascender fronteras, particularmente para área del BPDL que se encuentra próximo a los remanentes boscosos de México y Belice conformantes de la Selva Maya, y cuya función ecológica es servir de conectividad espacial y complementariedad de sus distintos hábitats y ecosistemas, principalmente de la Reserva de la Biosfera Maya y la Reserva de Biosfera Calakmul en México (Veras, 2009)..

La identificación de aguadas o cuerpos de agua perennes con importancia para la supervivencia del tapir y otros taxones, permitirá enfocar esfuerzos y recursos en conservación. En este sentido, es de importancia remarcar que para este estudio las aguadas A1 y A2 cuentan con la mayor importancia para el tapir, tanto por su frecuencia como latencia de visita. Así también, cuentan con importancia ecológica al ser cuerpos de agua con visitación de varios taxones y por su prolongado tiempo de retención de agua (M. García et al., 2018; M. García, González, et al., 2016; González, 2015). Por lo anterior es imprescindible continuar la monitorización constante de estas aguadas, para con ello poder entender la dinámica hídrica y poblacional que en ellas ocurre. Además, permitiría la identificación temprana de amenazas por desecación o influencia humana.

## 11. CONCLUSIONES

- El patrón diario de actividad (PDA) del tapir en aguadas del BPDFL para época seca y principios de lluviosa es predominantemente nocturno, sin embargo, para los años 2014 y 2016 este se determinó como catameral nocturno.
- El PDA presenta asociación positiva con la temperatura y negativa con la humedad lo cual indica que los tapires frecuentan más las aguadas durante la noche, cuando la temperatura aumenta y la humedad disminuye como mecanismo para evitar estrés hídrico.
- El patrón de frecuencia de visita semanal (FVS) presenta una media de  $0.06 \pm 0.09$  registros/(cámara x día), y al menos tres periodos de mayor frecuencia de visita (semana 13-19, 23-26 y 30-32). Los valores para época seca y lluviosa no difieren entre sí ( $p > 0.05$ ; época seca:  $0.10 \pm 0.19$  reg./cám.x día y época lluviosa:  $0.07 \pm 0.10$  reg./cám.x día). Del total de los años, el 2017 cuenta con la mayor FV ( $0.12 \pm 0.20$  registros/(cámara x día)).
- El patrón de FVS se asocia al patrón de precipitación de manera inversa ( $r = -0.1529$ ,  $p < 0.01$ ), lo cual indica que los tapires visitan las aguadas luego que estas se abastecen de agua y en periodos donde la lluvia es escasa.
- La latencia de visita (LV) presenta una media de  $4.36 \pm 7.08$  días y el patrón semanal muestra al menos dos periodos con menor latencia de visita (semana 13-19 y 30-33), contrarios a los periodos 1 y 3 del patrón de FVS. Los valores medios para época seca y lluviosa son significativamente distintos ( $p < 0.01$ ; época seca:  $2.95 \pm 4.46$  días, época lluviosa:  $5.98 \pm 8.95$  días). Los años entre sí no presentan diferencia en cuanto a su LV.
- El patrón presenta asociación negativa con la temperatura (máxima ambiental - 0.1477 y exacta al momento de fotocaptura -0.2100) y positiva con la humedad relativa ambiental (promedio  $r = 0.1634$  y mínima  $r = 0.1225$ ,  $p < 0.01$ ) y exacta al momento de fotocaptura (promedio  $r = 0.1270$  y mínima  $r = 0.2561$ ,  $p < 0.01$ ), es decir que los tapires tardan menos tiempo en regresar a las aguadas cuando el ambiente es más caliente pero menos húmedo, como mecanismo para reducir su estrés hídrico por deshidratación.

- Las aguadas que presentan mayor FV y menor LV son A2 ( $0.21 \pm 0.30$  reg./cám.x.día;  $3.00 \pm 4.41$  días) y el A1 ( $0.09 \pm 0.08$  reg./cám.x.día;  $2.90 \pm 3.38$  días), esto se relaciona con el hecho que ambas son aguadas permanentes con vegetación diversa circundante; además, remarca la importancia de ambas para los tapires durante la época seca y deben considerarse como elementos de conservación críticos del BPDFL para el tapir.

## 12. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis multiespecies para evaluar la dinámica que presentan las aguadas y la relación entre el comportamiento diario y estacional del tapir en función de otros organismos.
- Promover estudios de análisis a largo plazo (al menos 3 años) a través del manejo de datos del CDC-Cecon integrando más especies y variables biofísicas para lograr entender la dinámica de éstas en función de su ambiente y su interacción.
- Integrar análisis multivariado como análisis de componentes principales (PCA), análisis de coordenadas principales (PCoA), regresiones lineares múltiples (MLR), entre otros, para evaluar el peso e interacción de las variables con el comportamiento del tapir y obtener un mayor entendimiento de las respuestas hacia las mismas.
- Continuar y fortalecer los monitoreos de temperatura, humedad relativa, calidad y composición química y biológica del agua las aguadas tanto en el BPDFL como el resto de la RBM, con inclusión de registradores automáticos (*dataloggers*).
- Utilizar valores cercanos o exactos de las variables climáticas a la hora de registro, al momento de realizar correlaciones o regresiones para evitar sesgo y/o sub/sobreestimaciones.
- Fusionar análisis espaciales y manejo de datos para evaluar las preferencias y uso diferencial de distintos usos de suelo y condiciones de conservación.
- Efectuar estudios etológicos y fisiológicos *exsitu* del tapir frente a escenarios actuales de cambio climático para obtener una aproximación del estrés hídrico que las variables climáticas ocasionan.
- Fortalecer el monitoreo del tapir con el registro eventual de individuos por el personal de Biotopos de Cecon en la RBM durante sus patrullajes, procurando registrar lugar exacto con coordenadas, fecha, hora, sexo, estado aparente de salud y edad; esto a través de talleres de capacitación para la toma de datos.
- Promover el registro y localización en campo de cuerpos de agua sin monitoreo a través de exploraciones con dron o patrullajes del personal tanto en el BPDFL como en el resto de la RBM.

- Integrar la participación ciudadana de poblados cercanos a las áreas protegidas para el registro eventual de tapires con el propósito de obtener una fuente adicional de monitoreo.
- Continuar con los esfuerzos de educación ambiental en escuelas y sector turístico del Programa para la Conservación del Tapir en la RBM.
- Es imprescindible continuar con el monitoreo constante y la evaluación de su vulnerabilidad al cambio climático, integrando variables retrospectivas y proyectivas tanto climáticas como espaciales como amenazas y crecimiento poblacional humano.
- Siendo los tapires y las aguadas elementos de conservación de la RBM es fundamental continuar con el estudio y generación de información básica para lograr efectuar un mejor manejo y protección de los mismos en la toma de decisiones.
- Al ser el BPDL fundamental en la conectividad espacial y complementariedad de sus distintos hábitats y ecosistemas circundantes, es necesario que las autoridades velen por su protección y mantenimiento.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aide, T., Clark, M., Grau, H., López-Carr, D., Levy, M., Redo, D., ... Muñiz, M. (2013). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001 – 2010). *Biotropica*, 45(2), 262–271. doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x
- Akpinar-Ferrand, E. (2011). *Aguadas: a significant aspect of the southern maya lowlands water management systems (Tesis de doctorado)*. University of Cincinnati, USA. Recuperado de [https://etd.ohiolink.edu/!etd.send\\_file?accession=ucin1307320694&disposition=inline](https://etd.ohiolink.edu/!etd.send_file?accession=ucin1307320694&disposition=inline)
- Alger, S. J., Vaughan, C., & Foerster, C. (1998). Resting site microhabitat selection by *Tapirus bairdii* during the dry season in Corcovado national park, Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical*, 7(2–3), 136–138. Recuperado de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=oet.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=021616>
- Anderson, E., Cherrington, E., Flores, A., Perez, J., Carrillo, R., & Sempris, E. (2008). *Potential Impacts of Climate Change on Biodiversity in Central America, Mexico, and the Dominican Republic*. Panama City: CATHALAC / USAID.
- Bedoy, V., Barba, G., Sales, C. A., Alonso, R., de la Fuente, G., & Carrear, E. (2010). *Material de Apoyo para educadores ambientales que trabajan en humedales del Altiplano Central Mexicano* (1a ed.). Mexico: Ducks Unlimited de México A.C. Recuperado de [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/02/materialesapoyoeducadoresambientalesaltiplanocentralmexicano\\_bis2.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2012/02/materialesapoyoeducadoresambientalesaltiplanocentralmexicano_bis2.pdf)
- Beltran, J. F., & Delibes, M. (1994). Environmental Determinants of Circadian Activity of Free-Ranging Iberian Lynxes. *Journal of Mammalogy*, 75(2), 382–393. doi.org/10.2307/1382557
- Bridges, A. S., & Noss, A. J. (2011). Behavior and activity patterns. En *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses* (pp. 57–69). Tokio: Springer.

doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4\_5

Burton, A. C., Neilson, E., Moreira, D., Ladle, A., Steenweg, R., Fisher, J. T., ... Boutin, S. (2015). Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes. *Journal of Applied Ecology*, 52(3), 675–685. doi.org/10.1111/1365-2664.12432

Carbajal-Borges, J. P., Godínez-Gómez, O., & Mendoza, E. (2014). Density, abundance and activity patterns of the endangered *Tapirus bairdii* in one of its last strongholds in southern Mexico. *Tropical Conservation Science*, 7(1), 100–114. doi.org/10.1177/194008291400700102

Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon]. (1996). *50 áreas de interés especial para la conservación en Guatemala*. Guatemala: Centro de Datos para la Conservación, Centro de Estudios Conservacionistas (CDC-CECON) y The Nature Conservancy (TNC).

Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon]. (2013). Sistema Universitario de Áreas Protegidas-SUAP. Recuperado el 25 de junio de 2018, de [http://c3.usac.edu.gt/cecon.usac.edu.gt/public\\_html/?p=76](http://c3.usac.edu.gt/cecon.usac.edu.gt/public_html/?p=76).

Cervantes, M. (2007). Conceptos fundamentales sobre ecosistemas acuáticos y su estado en México. En *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (pp. 37–67). México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Chassot, O., Monge, G., & Jiménez, V. (2006). Evaluación del Hábitat para la Danta Centroamericana (*Tapirus bairdii*) en la Zona Norte de Costa Rica. *Tapir Conservation*, 15(2), 17–23.

Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap]. (2009). *Lista de Especies Amenazadas de Guatemala -LEA- y Listado de Especies de Flora y Fauna Silvestres CITES de Guatemala*. Guatemala: Autor. Recuperado de [http://www.conap.gob.gt/Documentos/MBVS/Lista de Especies Amenazadas\\_LEA.pdf](http://www.conap.gob.gt/Documentos/MBVS/Lista de Especies Amenazadas_LEA.pdf)



- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap]. (2015a). *Plan Maestro de la Reserva de la Biósfera Maya. Segunda Actualización. Tomo I*. Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap]. (2015b). *Plan Maestro de la Reserva de la Biósfera Maya. Segunda Actualización. Tomo II*. Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural Ministerio de Cultura y Deporte [DGPCN/MCD], & Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon]. (2009). *Plan Maestro 2009-2013. Parque Mirador –Rio Azul y Biotopo Protegido Naachtún- Dos Lagunas*. Guatemala: The Nature Conservancy (TNC)/ US Department of the Interior (DOI)/ Asociación Balam.
- Contreras-Moreno, F. M., Hidalgo-Mihart, M. G., Pérez-Solano, L. A., & Vázquez-Maldonado, Y. A. (2013). Nuevo registro de Tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) atropellado en el Noroeste del estado de Campeche, México. *Tapir Conservation*, 22(30), 22–25.
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas [Ramsar]. (1971). *Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional*. Recuperado de [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current\\_convention\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf)
- Convenio Internacional Sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres [Cites]. (2017). Apéndices | Cites. Recuperado el 3 de octubre de 2018, de <https://cites.org/esp/app/appendices.php>
- Cruz, E. (2001). *Hábitos de alimentación e impacto de la actividad humana sobre el tapir (Tapirus bairdii) en la Reserva de la Biosfera La sepultura, Chiapas, México (Tesis de Maestría)*. El Colegio de Frontera Sur, Ecosur, México.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ]. (2016). *Reservas de biosfera – Acciones inspiradoras para la Agenda 2030*. Nanuk Eirl, Lima, Perú.
- Díaz, A., & Payan, E. (2012). *Manual de fototrampeo: una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia (No. Doc. 26070)*. Colombia:

CO-BAC.

- Dyke, F. G. Van, Brocke, R. H., Shaw, H. G., Ackerman, B. B., Hemker, T. P., & Lindzey, F. G. (1986). Reactions of Mountain Lions to Logging and Human Activity. *The Journal of Wildlife Management*, 95–102. doi.org/10.2307/3801496
- Emmons, L. . (1999). *Mamíferos de los Bosques Húmedos de América Tropical: una guía de campo*. (Fundación Amigos de la Naturaleza, Ed.). Santa Cruz, BO.
- Escalante-Pliego, P., Navarro-Singuenza, G., & Peterson, A. T. (1993). A Geographical, Ecological, and Historical Analysis of Land Bird Diversity in México. En T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, & J. Fa (Eds.), *Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution*. (pp. 281–307). USA: Oxford University Press.
- Estrada, C. (2008). Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la Selva Maya, Centroamerica. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 12(1), 113–130.
- Foerster, C. R., & Vaughan, C. (2002). Home range, habitat use, and activity of Baird's Tapir in Costa Rica. *Biotropica*, 34(3), 423–427. doi.org/10.1111/j.1744-7429.2002.tb00556.x
- Fragaszy, D. M., Visalberghi, E., & Fedigan, L. M. (2004). *The Complete Capuchin: The Biology of the Genus Cebus*. Reading. Cambridge University Press. doi.org/10.1007/s10329-005-0129-9
- Gal, B., López, M., Martín, A., & Prieto, J. (2007). *Bases de la fisiología* (2da.). Cambridge: Cambridge University Press.
- García, M. (2004). *Especies productoras de frutos de uso potencial en la dieta del Tapir (Tapirus bairdii) durante la época seca en el Parque Nacional Laguna de Lachuá, Cobán, AltaVerapaz (Informe Final de Ejercicio Profesional Supervisado -EPS)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- García, M. (2006). *Caracterización de la dieta y el hábitat del tapir (Tapirus bairdii Gill, 1865) en ecosistemas ribereños del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala (Tesis de licenciatura)*. Universidad de San Carlos de

Guatemala, Guatemala.

- García, M., Aguilera, A. L., Guzmán-Flores, G. D., Rodríguez, D. I., & González, V. (2018). Dinámica temporal de la disponibilidad de agua y microclima en aguadas del biotopo protegido Dos Lagunas, Petén, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 5(2), 27–38. Recuperado de <https://digi.usac.edu.gt/ojsrevistas/index.php/cytes/article/view/361/470>
- García, M., Castillo, F., & Leonardo, R. (2011). Evaluación preliminar de la conectividad de hábitat para el tapir centroamericano ( *Tapirus bairdii* ) en Guatemala. *Tapir Conservation Newsletter of the UICN/SSC Tapir Specialist Group*, 20, 21–25.
- García, M., González, V., & Aguilera, A. (2016). *Dinámica temporal de la acumulación de agua, microclima y frecuencia de visita de vertebrados medianos y mayores en aguadas del Biotopo Universitario Naachtún Dos Lagunas, Petén (Informe final)*. Guatemala.
- García, M., González, V., Aguilera, A., & Guzmán, G. (2017). *Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica en el Hábitat del Tapir (Tapirus bairdii) en la Reserva de Biosfera Maya (Informe final)*. Guatemala.
- García, M., Jordan, C. A., O’Farril, G., Poot, C., Meyer, N., Estrada, N., ... Ruiz-Galeano, M. (2016). *Tapirus bairdii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T21471A45173340. Recuperado el 3 de octubre de 2018, de <http://www.iucnredlist.org/details/21471/0>
- García, M., & Leonardo, R. (2019). Historia natural y conservación del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en Guatemala. En C. Kraker, A. P. Calderón, & A. A. Cabrera (Eds.), *Perspectivas de investigación sobre los mamíferos silvestres de Guatemala* (p. 264). Ciudad de Guatemala, Guatemala: Asociación Guatemalteca de Mastozoólogos.
- García, M., & Leonardo, R. (2016). Classification of potential habitat of the Central American tapir (*Tapirus bairdii* Gill, 1865) for their conservation in Guatemala. *Therya*, 7(1), 107–121. doi.org/10.12933/therya-16-345

- García, M., Leonardo, R., Gómez, I., & García, L. (2008). Estado actual de conservación del tapir (*Tapirus bairdii*) en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. *Mesoamericana*, 12(2), 67.
- García, M., Leonardo, R., Gómez, I., García, L., & Castillo, F. (2010a). *El Tapir centroamericano (Tapirus bairdii) como herramienta para el fortalecimiento del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Informe Final. Proyecto 2.99)*. Guatemala.
- García, M., Leonardo, R., Gómez, I., García, L., & Castillo, F. (2010b). Los Biotopos Universitarios como sitios prioritarios para la conservación del hábitat del tapir (*Tapirus bairdii* Gill.) en Guatemala. *Ciencia y Conservación*, 1, 32–39.
- García, M., López, J., & Ramírez, M. (2015). *Proyecto “Dinámica de la regeneración natural de un bosque tropical como fundamento para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en la reserva de Biosfera Maya”*. Guatemala. doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004
- García, R., & Radachowsky, J. (2004). *Evaluación ecológica rápida del Parque Nacional Mirador Río Azul, Petén, Guatemala (Informe Interno)*. Guatemala.
- Gómez-Nísino, A. (2006). Ficha técnica de *Tapirus Bairdii*. En R. Medellín (Compilador) (Ed.), *Los mamíferos mexicanos en riesgo de extinción según el PROY-NOM-059-ECOL-2000*. México, D.F.: Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- González-Maya, J. F., Schipper, J., Polidoro, B., Hoepker, A., Zárrate-Charry, D., & Belant, J. L. (2012). Baird’s tapir density in high elevation forests of the Talamanca region of Costa Rica. *Integrative Zoology*, 7(4), 381–388. doi.org/10.1111/j.1749-4877.2012.00324.x
- González-Maya, J. F., Schipper, J., & Rojas-Jiménez, K. (2009). Elevational Distribution and Abundance of Baird’s Tapir (*Tapirus bairdii*) at different Protection Areas in Talamanca Region of Costa Rica. *Tapir Conservation*.
- González, V. (2015). *Vertebrados medianos y mayores asociados a las aguadas del*

*Biotopo Protegido Naachtún - Dos Lagunas, Petén (Tesis de Licenciatura).*  
Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), Guatemala.

Gretzinger, S. (1995). *Manejo forestal comunitario en la Selva Maya: la perspectiva campesina.* CATIE.

Habeeb, A. A., Gad, A. E., & Atta, M. A. (2018). Temperature-Humidity Indices as Indicators to Heat Stress of Climatic Conditions with Relation to Production and Reproduction of Farm Animals. *Int J Biotechnol Recent Adv*, 1(1), 35–50. doi.org/10.18689/ijbr-1000107

Halle, S., & Stenseth, N. C. (Eds.). (2000). *Activity Patterns in Small Mammals* (Vol. 141). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Harmsen, B. J., Foster, R. J., Silver, S. C., Ostro, L. E. T., & Doncaster, C. P. (2011). Jaguar and puma activity patterns in relation to their main prey. *Mammalian Biology*. doi.org/10.1016/j.mambio.2010.08.007

Ikeda, T., Uchida, K., Matsuura, Y., Takahashi, H., Yoshida, T., Kaji, K., & Koizumi, I. (2016). Seasonal and diel activity patterns of eight sympatric mammals in northern Japan revealed by an intensive camera-trap survey. *PLoS ONE*. doi.org/10.1371/journal.pone.0163602

Instituto de Conservación y Desarrollo Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre [ICF]. (2011). *Plan Nacional para la Conservación del Danto (Tapirus bairdii)*. Tegucigalpa, Honduras: Departamento de Vida Silvestre/ Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre Proyecto Ecosistemas-Grupo de Especialistas de Tapires TSG-UICN.

Integrated Taxonomic Information System [Itis]. (2017). *Tapirus bairdii* (Gill 1865). Recuperado el 11 de marzo de 2018, de [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search\\_topic=TSNysearch\\_value=624997yprint\\_version=PRTysource=to\\_print#null](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSNysearch_value=624997yprint_version=PRTysource=to_print#null).

Ixcot, L., Acevedo, M., Cano, E., Castillo, N., Córdova, M., Flores, M., ... Villar, L. (2005). *Estudios de biodiversidad en los Biotopos: San Miguel La Palotada El Zotz y*

- Naachtún-Dos Lagunas, Petén, Guatemala. Proyecto FODECYT 19-02 (Informe final)*. Guatemala: Centro de datos para la conservación, Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Janzen, D. H. (2006). Digestive Seed Predation by a Costa Rican Baird's Tapir. *Biotropica*, 13(2), 59. doi.org/10.2307/2388071
- Jiménez, C. F., Quintana, H., Pacheco, V., Melton, D., Torrealva, J., & Tello, G. (2010). Camera trap survey of medium and large mammals in a montane rainforest of northern Peru. *Revista Peruana de Biología*, 17(2), 191–196. doi.org/10.15381/rpb.v17i2.27
- Jolon-Morales, M., & Sánchez-Castañeda, R. (2006). *Actualización de la Lista de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres de Guatemala. Fase I. (Informe de Consultoría)*. Guatemala: CONAP-Países Bajos-PROBIOMA.
- Jordan, C. A., & Urquhart, G. (2013). Baird's tapirs *Tapirus bairdii* in Nicaragua. *Tapir Conservation*, 22, 14–21.
- Kolbe, J., & Squires, J. (2007). Circadian activity patterns of Canada lynx in Western Montana. *Journal of Wildlife Management*, 71(5), 1607–1611.
- Lehner, P. N. (1979). *Handbook of ethological methods*. Cambridge University Press (2da.). doi.org/10.2277/0521637503
- Leopold, A. S. (1959). *Fauna Silvestre de México Aves y Mamíferos de Caza*. México: Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables.
- Lindig-Cisneros, R., & Zedler, J. B. (2005). La restauración de humedales. En O. Sánchez (Ed.), *Temas Sobre Restauración Ecológica* (pp. 201–214). México: Instituto Nacional de Ecología.
- Lira-Torres, I., & Briones-Salas, M. (2012). Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 28(3), 566–585.

- Lira-Torres, I., Briones-Salas, M., & Sánchez-Rojas, G. (2014). Abundancia relativa, estructura poblacional, preferencia de hábitat y patrones de actividad del tapir centroamericano *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae), en la Selva de Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1407–1419.
- Lizcano, D. J., Cavelier, J., & Mangini, P. R. (2001). Use of GPS collars to study mountain tapirs (*Tapirus pinchaque*) in the Central Andes of Colombia. En *The Newsletter of the IUCN/SSC Tapir Specialist Group* (Vol. 13/2, pp. 18–23).
- Long, R., MacKay, P., Ray, J., & Zielinski, W. (2012). *Noninvasive survey methods for carnivores*. Island Press.
- Lynden-Bell, R. M., Morris, S. C., Barrow, J. D., Finney, J. L., & Harper, C. (2010). *Water and life : the unique properties of H2O*. FL, USA: CRC Press.
- Manfredi, C., Lucherini, M., Soler, L., Baglioni, J., Vidal, E. L., & Casanave, E. B. (2011). Activity and movement patterns of Geoffroy's cat in the grasslands of Argentina. *Mammalian Biology*, 76(3), 313–319. doi.org/10.1016/j.mambio.2011.01.009
- Matola, S., Cuarón, A., & Rubio-Torgler, H. (1997). Status and action plan of Baird's tapir (*Tapirus bairdii*). En D. M. Brooks, R. E. Bodmer, & S. Matola (Eds.), *Status Survey and Conservation Action Plan: Tapirs* (pp. 29–45). IUCN/SSC Tapir Specialist Group.
- Medici, E. P. (2010). *Assessing the Viability of Lowland Tapir Populations in a Fragmented Landscape*. University of Kent, United Kingdom.
- Meek, P. D., Ballard, G., Claridge, A., Kays, R., Moseby, K., O'Brien, T., ... Townsend, S. (2014). Recommended guiding principles for reporting on camera trapping research. *Biodiversity and Conservation*, 23(9), 2321–2343. doi.org/10.1007/s10531-014-0712-8
- Mejía-Correa, S., Diaz-Martinez, A., & Molina, R. (2014). Densidad y hábitos alimentarios de la danta *Tapirus bairdii* en el Parque Nacional Natural Los Katios, Colombia. *Tapir Conservation*, 23(32), 16–23. doi.org/10.1097/00002800-200605000-00006
- Meyer, N., Moreno, R., & Jansen, P. A. (2013). *Distribution and conservation status of the Baird's tapir in Panama* (Vol. 22).

- Montalvo, V. H., Saénz-Bolanós, C., Alfaro, L. D., Cruz, J. C., Guimarães-Rodrigues, F. H., Carrillo, E., ... Fuller, T. K. (2019). Seasonal use of waterholes and pathways by macrofauna in the dry forest of Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 35(2), 68–73. doi.org/10.1017/S0266467418000457
- Moreira, J., García, R., McNab, R., Santizo, G. P., Mérida, M., & Ruano, G. (2009). *Abundancia de jaguares y evaluación de presas asociadas al fototrampeo en las concesiones comunitarias del bloque de melchor de mencos, reserva de la biosfera maya, Petén, Guatemala*. Guatemala.
- Myers, P, R, Parr, C, S, Jones, T, Hammond, G, S, Dewey, T, A. (2018). The Animal Diversity Web (online). Recuperado de <http://animaldiversity.org>
- Naranjo, E. (1995). Hábitos de alimentación del tapir (*Tapirus bairdii*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical*, 4, 32–37.
- Naranjo, E. (2001). El tapir en México. *Biodiversitas*, 36, 9–11.
- Naranjo, E. (2018). Baird's Tapir Ecology and Conservation in Mexico Revisited. *Tropical Conservation Science*, 11, 1–4. doi.org/10.1177/1940082918795558
- Naranjo, E., & Cruz, E. (1998). Ecology of tapirs (*Tapirus bairdii*) in the Sepultura Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. *Acta Zoologica Mexicana Nueva Serie*, 73, 111–125.
- Nielsen, E. T. (1984). Relation of behavioural activity rhythms to the changes of day and night. A revision of views. *Behaviour*, 89(1/2), 147–173. doi.org/10.1163/156853984X00083
- Noss, A. J., Cuéllar, R. L., Barrientos, J., Maffei, L., Cuéllar, E., Arispe, R., ... K., R. (2003). A camera trapping and radio telemetry study of lowland tapir (*Tapirus terrestris*) in Bolivian dry forests. *Tapir ...*, 229, 44–45.
- Nowak, R. M. (1999). *Walker's Mammals of the World. Perissodactyla Oddtoed Ungulates Hoofed Mammals* (6th ed.). Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press.



- O'Connell, A. F., Nichols, J. D., & Karanth, K. U. (2011). *Camera traps in animal ecology: Methods and analyses. Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. doi.org/10.1007/978-4-431-99495-4
- O'Farrill, G. (2010). *The Ecological Causes and Consequences of the Movement of the Baird's tapir (Tapirus bairdii) (Tesis de Doctorado)*. McGill University, Montreal, Quebec, Canada.
- O'Farrill, G., Galetti, M., & Campos-Arceiz, A. (2013). Frugivory and seed dispersal by tapirs: An insight on their ecological role. *Integrative Zoology*, 8(1), 4–17. doi.org/10.1111/j.1749-4877.2012.00316.x
- Oliveira-Santos, L. G. R., Machado-Filho, L. C. P., Tortato, M. A., & Brusius, L. (2010). Influence of extrinsic variables on activity and habitat selection of lowland tapirs (*Tapirus terrestris*) in the coastal sand plain shrub, southern Brazil. *Mammalian Biology*, 75(3), 219–226. doi.org/10.1016/j.mambio.2009.05.006
- Padilla, M., & Dowler, R. C. (2007). *Tapirus terrestris*. *Mammalian Species*, (481), 1. doi.org/10.2307/3504109
- ParksWatch. (2002). Protected Biotope, Nachtún-Dos Lagunas. Recuperado el 25 de junio de 2018, de <http://www.parkswatch.org/parkprofile.php?l=engycountry=guaypark=napbypage=phy>
- Paviolo, A., Di Blanco, Y. E., De Angelo, C. D., & Di Bitetti, M. S. (2009). Protection Affects the Abundance and Activity Patterns of Pumas in the Atlantic Forest. *Journal of Mammalogy*, 90(4), 926–934. doi.org/10.1644/08-MAMM-A-128.1
- Pérez-Cortez, S., Enríquez, P. L., Sima-Panti, D., Reyna-Hurtado, R., & Naranjo, E. (2012). Influencia de la disponibilidad de agua en la presencia y abundancia de *Tapirus bairdii* en la selva de Calakmul Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 753–761. doi.org/10.7550/rmb.25095
- Primack, R. B. (1999). *La Selva Maya: conservación y desarrollo* (Edición en). México, D.F.: Siglo Veintiuno Editores, S.A.

- Pronatura Península de Yucatán [PPY] & The Nature Conservancy [TNC]. (2006). *Una visión para el futuro : cartografía de las Selvas Maya , Zoque y Olmeca*. (Gerardo García Contreras (PPY) y Fernando Secaira (TNC), Ed.). San José, Costa Rica: Infoterra Editores.
- Quse, V., & Fernandes-Santos, R. C. (2014). *Manual Veterinario del Tapir*. (V. Quse & R. C. Fernandes-Santos, Eds.) (2da.). Recuperado de [https://tapirs.org/wp-content/uploads/2018/03/TSG-MANUAL-VETERINARIO-DEL-TAPIR\\_2nd-Edition\\_Quse-and-Fernandes-Santos-2014-SPANISH.pdf](https://tapirs.org/wp-content/uploads/2018/03/TSG-MANUAL-VETERINARIO-DEL-TAPIR_2nd-Edition_Quse-and-Fernandes-Santos-2014-SPANISH.pdf)
- Reid, F. (1997). *A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast México* (1st ed.). USA: Oxford University Press.
- Reid, F. (2009). *A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast México* (2nd ed.). USA: Oxford University Press.
- Reyna-Hurtado, R., O’Farrill, G., Sima, D., Andrade, M., Padilla, A., & Sosa, L. (2010). Las aguadas de Calakmul: Reservorios de vida silvestre y de la riqueza natural de México. *Biodiversitas*, 2, 1–6.
- Reyna-Hurtado, R., Sima-Pantí, D., Andrade, M., Padilla, A., Retana-Guaiscon, O., Sanchez-Pinzón, K., ... Arias Dominguez, N. (2019). Tapir population patterns under the disappearance of free-standing water. *THERYA*, 10(3), 353–358. doi.org/10.12933/therya-19-902 ISSN 2007-3364
- Rodríguez, M. I. (2015). *Patrones de actividad de mamíferos no voladores en relación con las fases lunares en un bosque mesófilo*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.
- Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D., & Meek, P. (2013). “Which camera trap type and how many do I need?” A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix*, 24(2). doi.org/10.4404/hystrix-24.2-6316
- Ruano-Fajardo, G., Moreira, J., García, R., McNab, R., Ponce, G., Mendaz, V., & Córdova, F. (2009). *Monitoreo de manadas de jabalí y dantos que visitan las aguadas de la región Este del Parque Nacional Mirador-Rio Azul (Informe técnico)*.

Guatemala: Wildlife Conservation Society.

- Ruiz, R., & Rodríguez, G. (2005). Abundancia poblacional, movimientos y uso de hábitat del tapir (*Tapirus bairdii*) en el Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán Alta Verapaz. Segunda Fase. Guatemala: Programa Universitario de Investigación en Recursos y Ambiente, Dirección General de Investigación (DIGI) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
- Sánchez, Ó. (2007). Ecosistemas acuáticos: diversidad, procesos, problemática y conservación. En O. Sánchez, M. Herzig, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, & L. Zambrano (Eds.), *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México* (pp. 11–36). México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Sandoval-Serés, E., Reyna-Hurtado, R., Briceño-Méndez, M., & De La Cerda-Vega, R. (2016). Pond use and relative abundance of *Tapirus bairdii* in the Calakmul region, Campeche, Mexico. *THERYA*, 7(1), 39–50. doi.org/10.12933/therya-16-349
- Santacruz, L. (2012). *Patrón de actividad de Tapirus pinchaque en distintos hábitats y fases lunares, en la hacienda San Antonio, flanco oriental del volcán Tungurahua. Universidad Central del Ecuador.* doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2
- Schank, C., Cove, M. V., O’Farrill, G., Estrada, N., Poot, C., Meyer, N., ... Lizcano, D. J. (2015). Integrating Current Range-Wide Occurrence Data with Species Distribution Models to Map the Potential Distribution of Baird’s Tapir. *Tapir Conservation*, 24(33), 15–25. doi.org/10.5281/zenodo.23417
- Schank, C. J., Cove, M. V., Kelly, M. J., Mendoza, E., O’Farrill, G., Reyna-Hurtado, R., ... Miller, J. A. (2017). Using a novel model approach to assess the distribution and conservation status of the endangered Baird’s tapir. *Diversity and Distributions*, 23(12), 1459–1471. doi.org/10.1111/ddi.12631
- Scognamillo, D., Maxit, I. E., Sunquist, M., & Polisar, J. (2003). Coexistence of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in a mosaic landscape in the Venezuelan llanos. *Journal of Zoology*, 259(3), 269–279.

doi.org/10.1017/S0952836902003230

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat]. (2009). Programa de acción para la conservación de la especie: Tapir Centroamericano. México, D.F.: SEMARNAT/Comisión Natural de Áreas Naturales Protegidas (Conamp).
- Shiklomanov, I. a. (1998). World Water Resources. A new appraisal and assessment for the 21st century. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*. Place de Fontenoy, Paris: United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization. doi.org/10.4314/wsa.v30i4.5101
- Singh, P. P., & Sharma, V. (2014). *Water and health*. (V. Sharma, Ed.). India: Springer India.
- Steurer, L. (2016). *Protección y Uso Sostenible de la Selva Maya (Actualización de la Información del Programa, octubre 2016)*. Programa Selva Maya, GIZ. Guatemala. Recuperado de <http://selvamaya.info/es/cooperacion/proyecto-uso-sostenible/>.
- Taber, A., Chalukian, S., Altrichter, M., Minkowski, K., Lizarraga, L., Sanderson, E., ... Zapata-Ríos, G. (2008). El destino de los arquitectos de los bosques neotropicales: evaluación de la distribución y el estado de conservación de los pecaríes labiados y los tapires de tierras bajas. *Wildlife Conservation Society, Wildlife Trust*, 181.
- Tapir Specialist Group [TSG]. (s/f). The Baird's Tapir. Recuperado el 19 de mayo de 2018, de <http://tapirs.org/tapirs/bairds-tapir/>
- Tattersall, I. (2006). The concept of cathemerality: history and definition. *Folia primatologica*, 77(1–2), 7–14. doi.org/10.1159/000089692
- Terwilliger, V. J. (1978). Natural history of Baird's tapir on Barro Colorado Island, Panama Canal zone. *Biotropica*, 211–220. doi.org/10.2307/2387906
- Trolle, M., Noss, A. J., Cordeiro, J. L. P., & Oliveira, L. F. B. (2008). Brazilian tapir density in the Pantanal: A comparison of systematic camera-trapping and line-transect surveys. *Biotropica*, 40(2), 211–217. doi.org/10.1111/j.1744-7429.2007.00350.x
- Veras, E. E. (2009). *Diagnóstico de la situación actual de las áreas protegidas que*

*coadministra la Universidad de San Carlos de Guatemala y propuesta de lineamientos estratégicos para su sostenibilidad.* Guatemala. Recuperado de <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/rapidos2009/INF-2009-007.pdf>

Villa, J. D. (2014). El Danto Centroamericano. *Tapirus bairdii*. *Revista de Temas Nicaragüenses*, 80, 211–224.

Wells, J. (2009). *Tapirus bairdii* (en línea), Animal Diversity Web. Recuperado el 14 de junio de 2018, de [http://animaldiversity.org/accounts/Tapirus\\_bairdii/](http://animaldiversity.org/accounts/Tapirus_bairdii/)

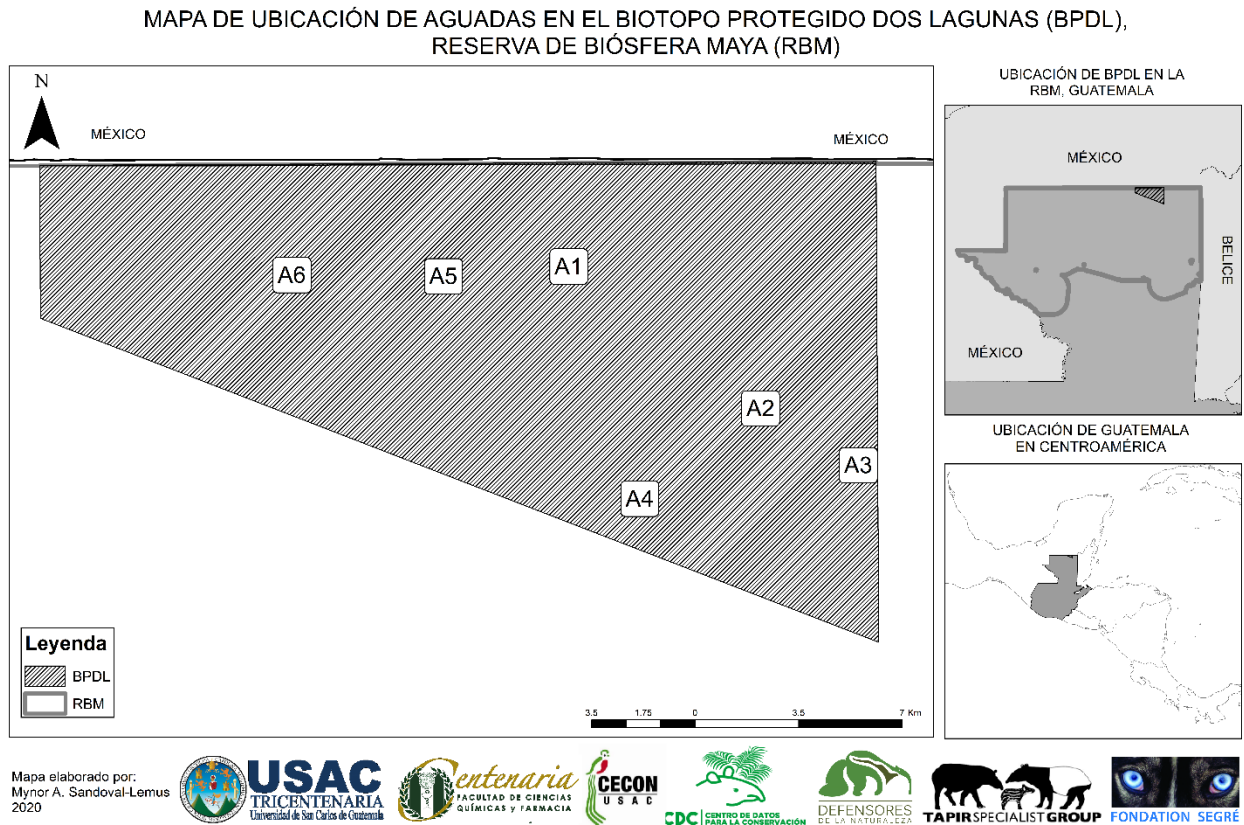
Whitacre, D. F. (1997). *Un programa de Monitoreo para la Reserva de la Biosfera Maya*. Guatemala.

Williams, K. D. (1984). *The Central American tapir (Tapirus bairdii Gill) in northwestern Costa Rica*. Michigan State University.

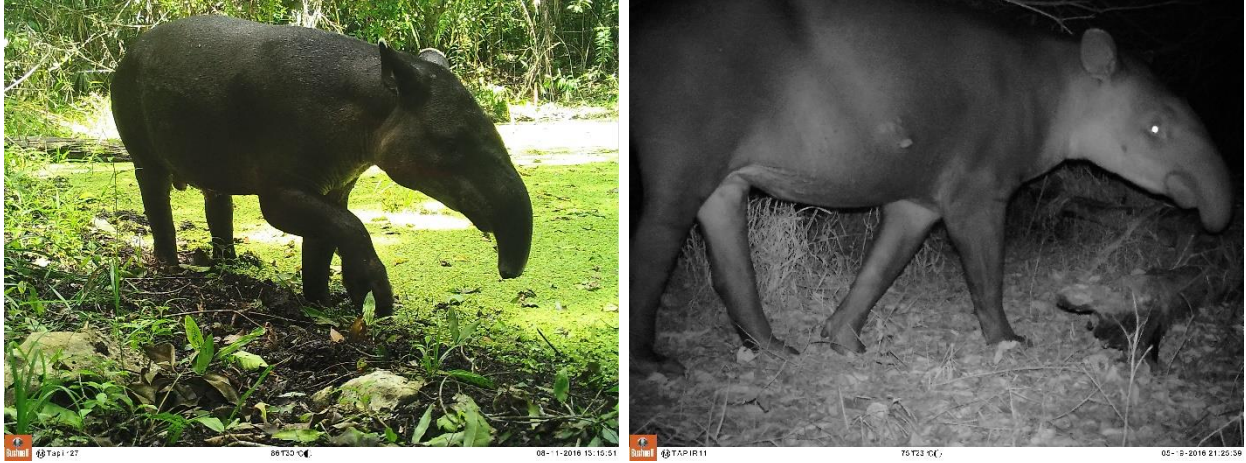
Wilse, R. G., & Surjuit, S. (1996). *Water in biology, chemistry and physics: experimental overviews and computational methodologies* (Vol. 9). World Scientific.

World Wildlife Foundation [WWF]. (2014). Depending on Clean Water: Five Freshwater Animals. Recuperado el 22 de mayo de 2018, de <https://www.worldwildlife.org/stories/depending-on-clean-water-five-freshwater-animals>

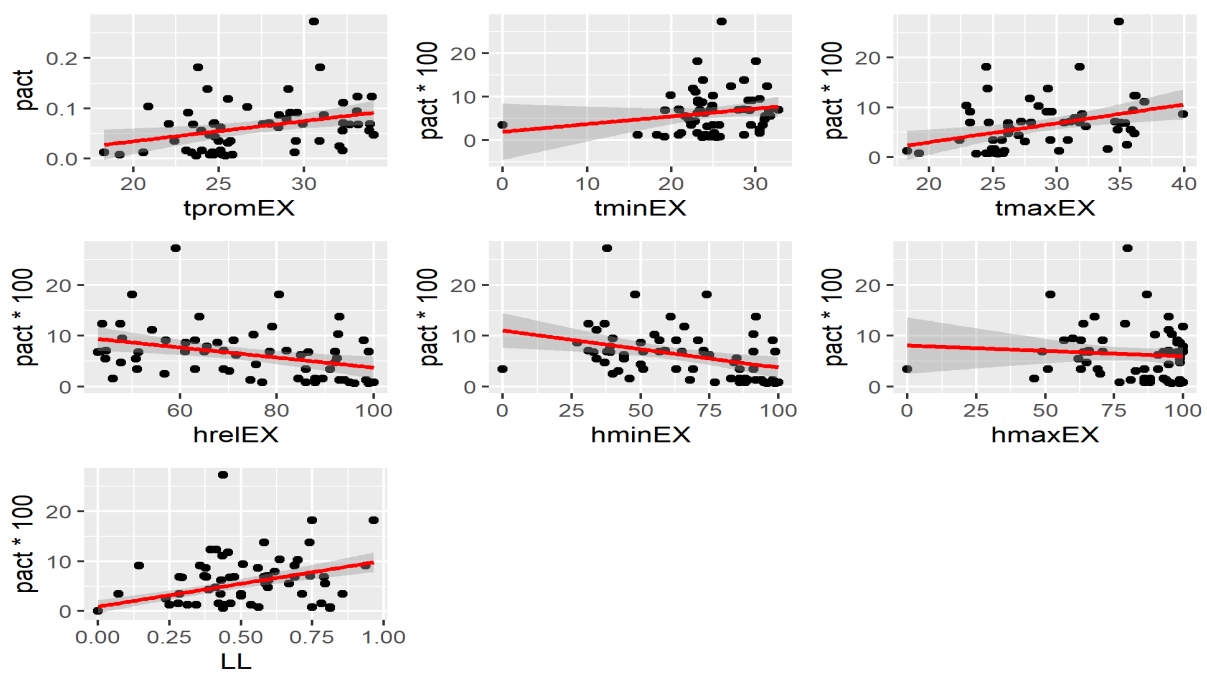
## 14. APÉNDICES



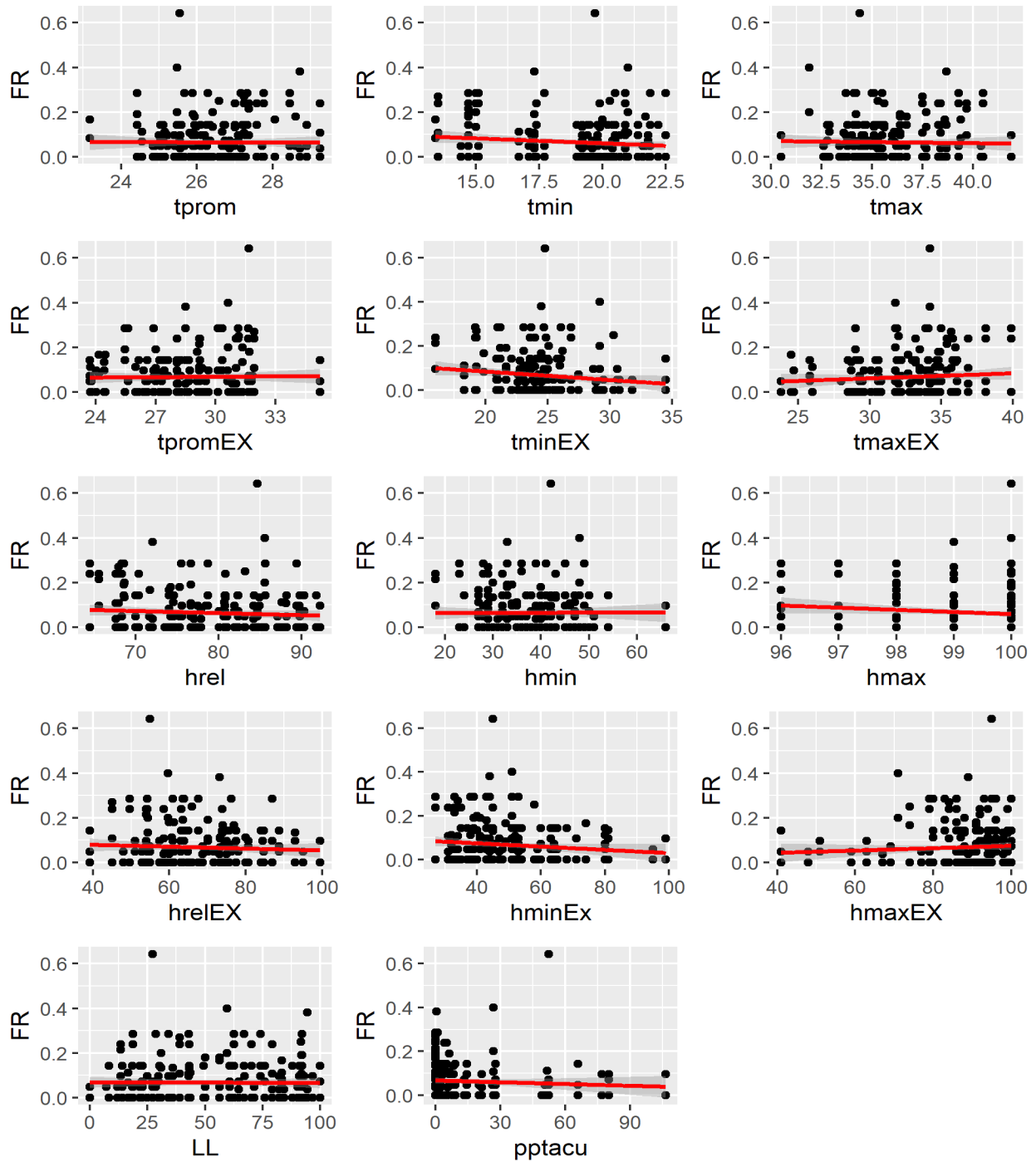
**Apéndice 1.** Mapa de ubicación de aguadas en el Biotopo Protegido Dos Lagunas (BPDL), Reserva de Biósfera Maya (RBM). Elaboración propia.



**Apéndice 2.** Fotocapturas de tapir durante el día y noche en aguadas del Biotopo Protegido Dos Lagunas (BPDL), Reserva de Biósfera Maya (RBM). CDC-Cecon, 2016.

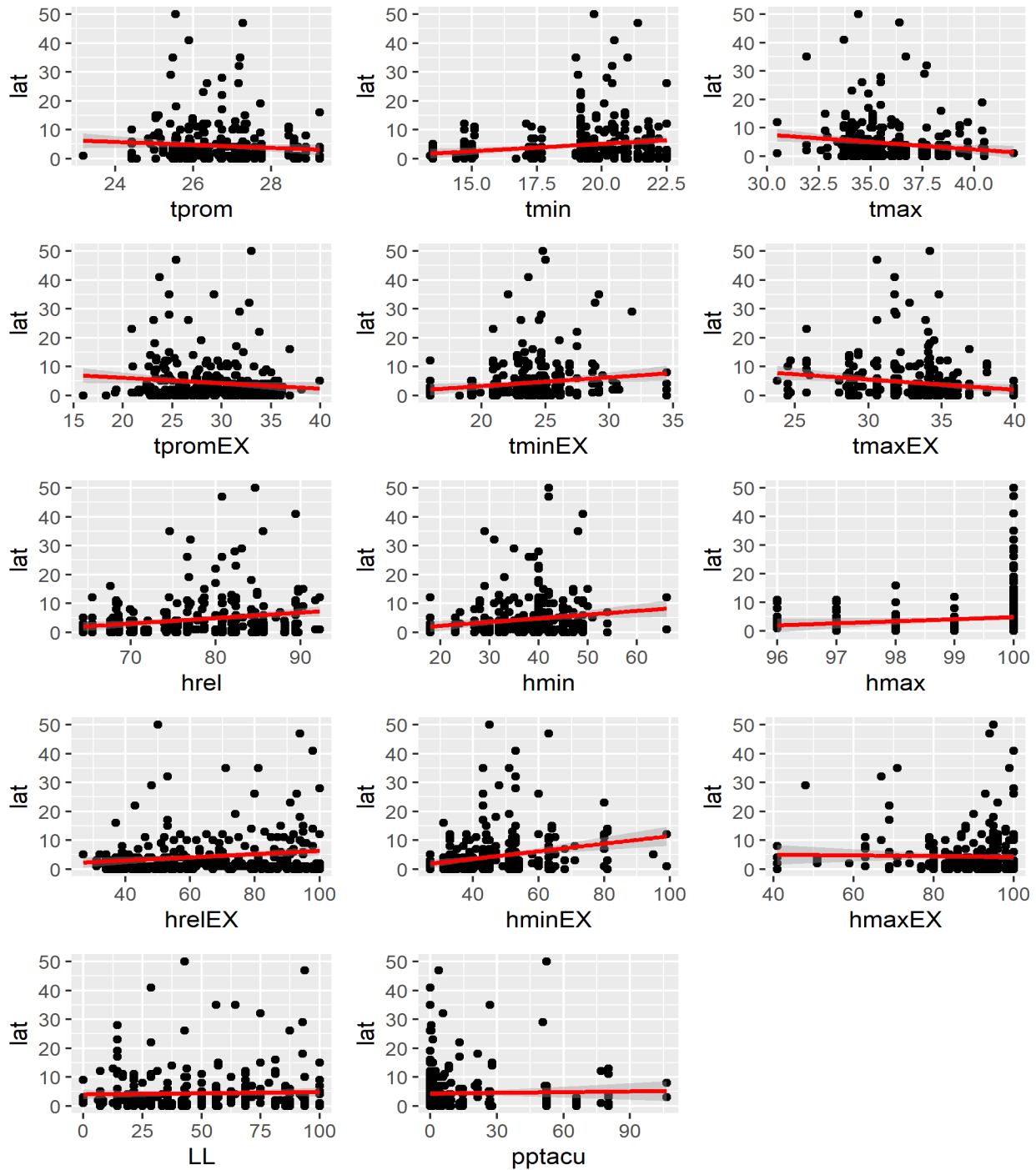


**Apéndice 3.** Modelos lineales de las relaciones de variables climáticas temperatura y humedad (promedio, mínima y máxima al momento de fotocaptura), precipitación semanal acumulada (pptacu) y porcentaje de luz lunar (LL) con el patrón diario de actividad (PDA). Elaborado en software R 3.6.1.

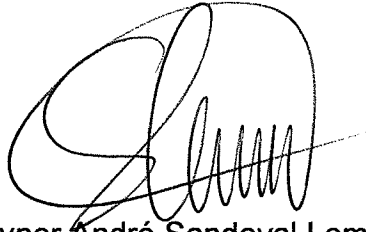


**Apéndice 4.** Modelos lineares de las relaciones de variables climáticas temperatura y humedad (promedio, mínima y máxima ambiental y al momento de fotocaptura), precipitación semanal acumulada (pptacu) y porcentaje de luz lunar (LL) con la frecuencia de visita (FR). Elaborado en software R 3.6.1.





**Apéndice 5.** Modelos lineares de las relaciones de variables climáticas temperatura y humedad (promedio, mínima y máxima ambiental y al momento de fotocaptura), precipitación semanal acumulada (pptacu) y porcentaje de luz lunar (LL) con la latencia de visita (LV). Elaborado en software R 3.6.1.



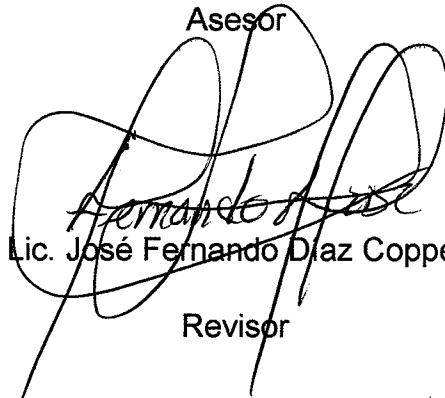
Mynor André Sandoval Lemus

Tesista



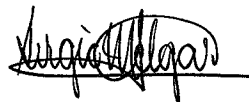
Lic. Manolo José García Vettorazzi

Asesor



Lic. José Fernando Díaz Coppel

Revisor



Ph.D. Sergio Alejandro Melgar Valladares

Director de Escuela de Biología



M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

Decano