

USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
PROGRAMA DE EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD -EDC-
SUBPROGRAMA DEL EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO -EPS-

**INFORME FINAL DEL SEGUNDO EPS COMO OPCIÓN DE GRADUACIÓN DE
LA ESCUELA DE BIOLOGÍA
REALIZADO EN
CDC-CECON, GUATEMALA**

DURANTE EL PERÍODO COMPRENDIDO

PRIMERO (01) DE JULIO DE 2021 AL CINCO (05) DE ENERO DE 2022



PRESENTADO POR
PABLO ANDRES GONZALEZ XILOJ
REGISTRO ACADÉMICO: 201403349
DPI: 2962546650101

**ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE
BIOLOGÍA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2022

REF. SEGUNDO EPS. B2/2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Determinación del patrón de actividad del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas, Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala

Informe de investigación

Presentado por

Pablo Andrés González Xiloj

Para optar al título de

Biólogo

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Determinación del patrón de actividad del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas, Reserva de Biósfera Maya, Petén, Guatemala

Pablo Andrés González Xiloj

Biólogo

Guatemala, abril de 2022

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. Carmen Amalia Rodríguez Ortiz	Vocal IV
Br. Paola Margarita Gaitán Valladares	Vocal V

Dedicatoria y Agradecimientos

Eduardo Galeano escribía una vez: “La utopía está en el horizonte, camino dos pasos, ella se aleja dos pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá, ¿entonces para qué sirve la utopía? Sirve para eso, para caminar”. Esta frase me recuerda lo que implica vivir, siempre estar ante esa constante falta de plenitud, no porque exista un vacío, sino porque siempre hay mucho más a lo que se puede optar, a lo que uno puede llegar a alcanzar.

En este largo camino de utopías quiero agradecer en primer lugar a mi madre, Amalia, este logro más que mío es tuyo, ha de haber sido muy difícil pasar todas esas noches de desvelo, cansancio, donde no sabías exactamente donde era el camino o donde era la meta y a pesar de todo lograste sacarnos adelante, ser resiliente y continuar, gracias por mostrarme esa valentía y persistencia. A su vez, quiero agradecer al resto de mi familia. A mi hermano, Luis Pedro, gracias por estar ahí en esos días haciendo tareas o trabajando. A mis tíos, por aquellos momentos en que necesitaba ayuda y me la brindaron. A Julianna, gracias por enseñarme que todo va a su ritmo, por escucharme en los días donde no sabía por dónde seguir y por animarme siempre.

A todos mis amigos: Andrid, Pelón, Mónica, Borrayo, Gaby Cajbon, Gaby, Usij, Jose Miguel, Rosa, Gustavo, Rafa, Isa, gracias por todos los momentos alegres que pasamos, por la ayuda que me ofrecieron cuando lo necesitaba, por los consejos que nos dábamos, aunque en cierta medida quizá todos andábamos perdidos con una u otra cosa, por los viajes a campo, en medio de la nada. Gracias por todas las experiencias, comidas, fiestas, viajes.

Gracias a todos los que fueron parte fundamental de esta investigación. A mi asesor Manolo García, por guiarme en el proceso de armar toda la idea y enseñarme lo interesante que puede ser trabajar con mamíferos. A Jorge Jiménez por apoyarme en los inicios de toda la estadística de patrones de actividad temporal. A Sergio Pérez, por ayudarme a afinar los últimos detalles de la investigación. A Mynor Sandoval por explicarme como procesar algunos de los últimos análisis de esta investigación. A todos los guardarecursos de las áreas protegidas de los Biotopos Zotz y Dos Lagunas. Por último, a la Universidad de San Carlos de Guatemala y a al Centro de Estudios Conservacionistas por todo el apoyo que me brindaron en estos años. Espero que en un futuro la Usac pueda despojarse de todas aquellas personas que están en el poder actualmente, que solo dañan a la institución, y por ende a todo el desarrollo del país.

Índice

RESUMEN	I
INTRODUCCIÓN	I
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Clasificación Taxonómica De La Especie	1
1.2. Acerca De La Especie	1
1.3. Distribución	2
1.3.1. Norteamérica	2
1.3.2. Centroamérica.....	3
1.3.3. Sudamérica.....	4
1.4. Comportamiento.....	5
1.5. Patrón De Actividad.....	5
1.6. Alimentación	6
1.7. Importancia Ecológica	6
1.8. Importancia Social.....	6
1.9. Reproducción y Gestación.....	7
1.10. Estado De Conservación.....	7
1.11. Estudios En Guatemala.....	8
1.12. Aguadas.....	9
1.13. Análisis Fototrampeo	10
1.14. Análisis De Patrón De Actividad	10
1.14.1. Patrón De Actividad En Aguadas	11
1.15. Descripción Del Área De Estudio.....	13
1.15.1. Características Físicas	13
1.15.1.1. Geología	13
1.15.1.2. Clima.....	14
1.15.1.3. Hidrología	14
1.15.2. Características Biológicas	14
1.15.2.1. Flora.....	14
1.15.2.2. Fauna.....	15
2. JUSTIFICACIÓN	17
3. OBJETIVOS	19
3.1. General.....	19
3.2. Específico.....	19
4. HIPÓTESIS	20
5. MATERIALES Y MÉTODOS	21
5.1. Población.....	21
5.2. Muestra.....	21

5.3.	Análisis Estadístico	21
5.3.1.	Patrón Diario De Actividad	22
5.3.2.	Frecuencia De Visita Semanal	22
5.3.3.	Latencia De Visita Semanal	23
5.3.4.	Comportamiento	24
5.3.5.	Relación Con Variables Climáticas.....	24
6.	RESULTADOS	25
6.1.	Patrón Diario De Actividad	25
6.2.	Frecuencia De Visita Semanal	27
6.2.1.	Frecuencia De Visita Semanal De Población General.....	27
6.2.2.	Frecuencia De Visita Semanal Según El Sexo	29
6.2.2.1.	Frecuencia De Visita Semanal De Hembras.....	30
6.2.2.2.	Frecuencia De Visita Semanal De Machos	32
6.3.	Latencia De Visita Semanal	33
6.3.1.	Latencia De Visita Semanal De Población General.....	33
6.3.2.	Latencia De Visita Semanal Según El Sexo	36
6.3.2.1.	Latencia De Visita Semanal De Hembras.....	37
6.3.2.2.	Frecuencia De Visita Semanal De Machos	39
6.4.	Comportamiento	40
6.5.	Relación con Variables Climáticas	41
7.	DISCUSIÓN	44
7.1.	Patrón Diario De Actividad	44
7.2.	Frecuencia De Visita Semanal	44
7.3.	Latencia De Visita Semanal	46
7.4.	Comportamiento	48
7.5.	Relación Con Variables Climáticas.....	49
	CONCLUSIONES	52
	RECOMENDACIONES	54
	REFERENCIAS	56

Resumen

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann 1780) se encuentra distribuido en la mayor parte del continente americano. En Guatemala se encuentra en varias regiones del país, siendo una de ellas la Reserva de Biósfera Maya (RBM). La RBM cuenta con un plan maestro que especifica algunos elementos de conservación prioritarios en los que se incluyen las aguadas y algunas especies de vertebrados como el caso del venado cola blanca. Este venado es de gran importancia, pues tiene un valor cultural, ecológico, económico, nutricional y social. En la actualidad, es una especie cinegética utilizada por las comunidades locales, cumple con funciones de dispersión de semillas y sirve como alimento para otras especies, es por esto que conocer algunas características de la especie como, por ejemplo, su comportamiento y su interacción con las aguadas, es imprescindible para mantener poblaciones saludables de la especie dentro de la reserva.

El presente estudio, caracterizó el patrón de actividad del venado cola blanca para la población general y según su sexo, analizando el patrón diario de actividad (PDA), patrón de frecuencia de visita semanal (FVS) y patrón de latencia de visita semanal (LVS). Estas tres variables fueron relacionadas cada una con temperatura promedio, humedad relativa promedio, precipitación acumulada de 2 semanas y presencia/ausencia de agua en aguadas. También se buscó conocer el comportamiento de la especie al momento de visitar estos cuerpos de agua dentro del BPNDL.

El venado cola blanca para la población general presentó un PDA diurno con picos de actividad a medio día, al evaluar según el sexo, las hembras presentaron picos de actividad de 10:00-11:00 h, mientras que los machos aumentaban su actividad de 13:00-14:00 h. Este patrón tiene una relación significativa positiva con la temperatura promedio (Spearman, $r = 0.4435$, $p = 2.2e-16$) presentando mayor cantidad de registros en las temperaturas 25.5 y 27.2°C. Presenta, además, una relación negativa con la humedad relativa promedio (Spearman, $r = -0.5610$, $p = 2.2e-16$).

Con respecto al FVS la población en general presentó una media de 4.59 ± 12.57 registros/(cámaras x día)*100, los valores entre época seca y lluviosa difieren entre sí significativamente (U de *Mann-Whitney*, $p = 0.0001512$). El análisis según el sexo, muestra diferencias significativas (U de *Mann-*

Whitney, $p= 0.04242$) entre machos y hembras, los machos presentan una frecuencia de visita de 1.83 ± 6.21 registros/(cámaras x día)*100 y las hembras de 1.24 ± 4.82 registros/(cámaras x día)*100. LA FVS mostró relación significativa positiva con la temperatura promedio (Spearman, $r=0.08338$, $p=0.03935$) y diferencias significativas entre la ausencia y presencia de agua (U de *Mann-Whitney*, $p= 0.000839$), visitando más las aguadas cuando hay ausencia de agua.

La LVS presentó una media de 3.27 ± 7.47 días, los valores entre época seca y lluviosa difieren significativamente (U de *Mann-Whitney*, $p= 0.0001512$). El análisis según el sexo muestra diferencias significativas para las hembras, quienes cuentan con una media de 2.79 ± 7.84 días, mientras que para los machos fue de 4.19 ± 7.52 días de (U *Mann-whitney*, $p= 0.0278$). Dicha variable mostró correlación significativa positiva con la temperatura promedio (Spearman, $r= 0.1321$, $p= 0.007364$), mientras que con la humedad relativa promedio y la precipitación acumulada de dos semanas presenta correlación significativa negativa (Spearman, $r= -0.1790$, $p= 0.00026$) y (Spearman, $r=-0.40858$, $p= 2.2e-16$) respectivamente.

El comportamiento con mayor cantidad de registros al momento de que los venados cola blanca visitan las aguadas del BPNDL es el de locomoción, seguido por la actividad de forrajeo, alerta, otros y por último bebiendo; esto probablemente se debe al hecho de que la actividad de locomoción activa más los sensores PIR de las cámaras trampa; sin embargo, es interesante que la segunda actividad con más registros es la de forrajeo, dando señales de que los venados cola blanca no necesariamente se acercan a las aguadas a beber.

En general, el patrón de actividad del venado cola blanca, no muestra una relación directa con la presencia de agua en las aguadas. La FVS es menor y la LVS es mayor en época seca, es decir, visitan menos y existe un mayor lapso sin registros de organismos cuando el agua escasea en toda el área de estudio; existe una relación negativa significativa entre la LVS y la precipitación acumulada de dos semanas, es decir, entre menos lluvia más tiempo tardan en retornar a las aguadas y existe una mayor FVS significativa cuando hay ausencia de agua, o sea que, visitan más las aguadas cuando no hay agua en las mismas. Más bien, parece existir una preferencia de la especie por realizar actividades de forrajeo en las aguadas, prefiriendo las que presentan bosques bajos inundables, probablemente debido a que cuentan con vegetación ideal para consumo.

Introducción

Guatemala cuenta con una de las áreas protegidas más extensas de Centroamérica, la Reserva de Biósfera Maya (RBM), misma que se encuentra en el departamento de Petén. La reserva representa una importante porción de la denominada Selva Maya, una selva trinacional compartida entre Guatemala, Belice y México, siendo aproximadamente el 50 % del total de la misma (Sandoval, 2020).

La RBM incluye distintas zonas núcleo, una de estas es el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL), área administrada por la Universidad de San Carlos de Guatemala, en esta, al igual que en el resto de la reserva, existe una predominancia por suelos cársticos con poco drenaje, lo que permite la creación de cuerpos de agua perennes e intermitentes, dependientes de las lluvias (García *et al.*, 2018). Entre estos cuerpos de agua intermitentes se encuentran las aguadas, las mismas son de gran importancia para distintas especies de vertebrados (González, 2015).

Dentro del plan maestro de la reserva existen elementos de conservación como lo son: a nivel de especie el venado cola blanca (*O. virginianus*), la guacamaya roja (*Ara macao* L. 1758), el jaguar (*Panthera onca* L. 1754), puma (*Puma concolor* L. 1771), tapir (*Tapirus bairdii* Gill 1865), armadillo (*Dasybus novemcinctus* L. 1758), faisán (*Crax rubra* L. 1758), tortuga blanca (*Dermatemys mawii* Gray 1847), pez blanco (*Petenia splendida* Gunther 1862) y pigua (*Macrobranchyium carcinus* Bate 1868); y a nivel de sistema se encuentran: paisaje funcional de serranía, paisaje funcional de humedales, paisaje funcional de planicie serranía, sistema hídrico ribereño y, por último, el sistema lagunar, donde se incluyen las aguadas (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], 2015).

El venado cola blanca visita constantemente las aguadas (González, 2015); sin embargo, es poco conocida la relación que tiene la especie con estos cuerpos de agua, pues se desconoce con qué frecuencia visita, cuánto tiempo toma en retornar o las actividades que realiza en la misma. Se conoce que esta especie consume diariamente un aproximado de 3.6 l de agua (Lautier *et al.*, 2016) por lo que se esperaría que esta necesidad se satisfaga acudiendo a estos lugares de manera frecuente. Aunque, al momento de que el agua escasea, el venado cola blanca posee otras

estrategias para perpetuar su homeostasis, por ejemplo, reducir la tasa metabólica, buscar mayor cantidad de sombra, o bien, disminuir su actividad durante las horas de temperatura y humedad extremas (Gallina y Bello, 2010). Sin embargo, como cualquier especie, posee un límite de adaptabilidad ante el entorno, por lo que en cierto periodo le es necesario el consumo de agua. Considerando la amenaza del cambio climático, que se espera cause sequías en la península de Yucatán (Madero *et al.*, 2012), es imprescindible entender la dinámica que la especie tiene con estos cuerpos de agua, pues permitiría entender la vulnerabilidad de estos organismos en el futuro.

El presente estudio busca conocer el PDA, LVS y FVS del venado cola blanca en aguadas en el BPNDL, relacionando esto con las variables climáticas de temperatura, lluvia acumulada, humedad relativa y disponibilidad de agua; además de caracterizar el comportamiento que la especie realiza al visitar las aguadas. Todo esto se realizó utilizando los datos colectados por cámaras trampa del CDC perteneciente a CECON entre los años 2013-2019 durante parte de la época seca y época lluviosa.

1. Antecedentes

1.1. Clasificación Taxonómica De La Especie

El venado cola blanca (*O. virginianus*), *Kej* en Maya-Q'eqchi' (Centro de datos para la conservación [CDC], 2022), presenta el siguiente esquema de clasificación taxonómica:

Tabla 1

Clasificación taxonómica venado cola blanca

Taxón	Clasificación
Dominio	<i>Eukarya</i>
Reino	<i>Animalia</i>
<i>Phylum</i>	<i>Chordata</i>
<i>Subphylum</i>	<i>Vertebrata</i>
Clase	<i>Mammalia</i>
Subclase	<i>Theria</i>
Infraclase	<i>Eutheria</i>
Orden	<i>Cetartiodactyla</i>
Infraorden	<i>Pecora</i>
Familia	<i>Cervidae</i>
Subfamilia	<i>Capreolinae</i>
Tribu	<i>Odocoileini</i>
Género	<i>Odocoileus</i>
Especie	<i>Odocoileus virginianus</i>

Nota: (Cronin, 2003; Wilson y Reeder, 2005; International Union for Conservation of Nature [IUCN], 2021; Mammal Diversity Database, 2021)

1.2. Acerca De La Especie

El venado cola blanca es un cérvido de tamaño mediano a grande, con el cuello y las extremidades largas, el pelaje es color café claro en la espalda, cabeza y extremidades; en el cuello y vientre presentan un color blanco (Regal, 2013). Los machos presentan astas o cachos que se ramifican durante la temporada reproductiva. Las crías presentan manchas blancas en el cuerpo que los ayuda

a ocultarse en la vegetación (CDC, 2022). El peso del venado cola blanca varia de 50 a 120 kg en su etapa adulta (Regal, 2013).

1.3. Distribución

El venado cola blanca es el ungulado con la mayor distribución en todo el continente americano, ya que se encuentra presente desde la latitud 65°N al sur de Canadá, a través de toda Norteamérica, Centroamérica y en Sudamérica termina al norte de Brasil y Bolivia (Mandujano *et al.*, 2010; Tarifa *et al.*, 2001; Weber y González, 2003). Sin embargo, a consecuencia del cambio climático se espera que el rango de distribución se vaya ampliando en el tiempo, sobre todo en el norte (Dawe y Boutin, 2016). A pesar de tener un gran rango de distribución se han documentado extinciones locales, sobre todo por la cacería, pues su carne y subproductos son bastante cotizados (Weber y González, 2003).

1.3.1. Norteamérica

En Canadá se encuentra la latitud más alta donde se presenta la especie; sin embargo, el rango del mismo se ha visto modificado sobremanera en el último siglo. A principios del siglo XX el venado cola blanca apenas lograba alcanzar algunas partes del sur de Canadá, pero a partir de 1960 se empezó a ver un aumento de ocurrencias, sobre todo en áreas de agricultura en el noroeste de Alberta. Un estudio del año 2001 mostró que la ocurrencia de venado cola blanca era 17.5 mayor a la de 1969, actualmente el rango de distribución del venado cola blanca se extiende al norte de Welss, Dawson y Yukon en las latitudes de hasta 65.17° (Dawe, 2011).

En Estados Unidos, el venado cola blanca se divide en 3 subespecies, la subespecie *couesí* que habita al suroeste de Arizona y Nuevo México, la subespecie *ochorousus* que ocurre en el oeste de Wyoming y Montana y la mayor parte de Idaho y Washignton y la subespecie *leucurus* que habita en la porción suroeste de Washignton y Oregon (Smith, 1985) llegando a México, siendo uno de los países donde más se ha estudiado esta especie (Weber y González, 2003).

El venado cola blanca se encuentra en todo el territorio mexicano exceptuando la península de Baja California y algunas áreas del norte de Chihuahua y norte de Sonora, se encuentra distribuido en gran cantidad de distintas comunidades vegetales como: bosques de pino-encino, matorrales, bosque tropical seco, bosques perenifolios y subperenifolios e incluso en bosques de vegetación secundaria con alteraciones antrópicas. La especie se divide en 38 subespecies de las cuales 14 han sido reportadas para México de todas éstas la variante *texanus* es la de mayor talla entre todas (Mandujano et al., 2010).

1.3.2. Centroamérica

En lo que respecta a Centroamérica, la información es un poco más escasa. En el triángulo norte, empezando por Guatemala, el venado cola blanca se encuentra en los departamentos de Petén, Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz, Zacapa, El Progreso, Chimaltenango e Izabal (CDC, 2022; Kraker *et al.*, 2019). Sin embargo, también se han reportado algunos otros individuos en Suchitepéquez, Escuintla, Totonicapán y Sololá (Inaturalist, 2022). En El Salvador, el venado cola blanca ha sido registrado en los departamentos de Ahuachapán, Sonsonate, Santa Ana, La Libertad, San Salvador, Chalatenango, Cabañas, Usulután, San Miguel, Morazán y la Unión (Owen y Girón, 2012). En Honduras, la especie se encuentran en los departamentos de Ocotepeque, Copán, Santa Bárbara, Cortés, Atlántida, Colón, Gracias a Dios, Olancho, Yoro, Francisco Morazán, Comayagua, La Paz, Intibucá, Lempira, Valle, Choluteca y El Paraíso (Gallina-tessaro, 2019).

En Nicaragua se han detectado poblaciones de la especie en la región del Pacífico, que representa el 15 % de la superficie del territorio nacional, la región norcentral, representando esta el 35 % del país y la región atlántica donde se encuentra menor densidad humana y propicia poblaciones altamente conservadas (Medina-fitoria y Saldaña, 2012). La mayoría de investigaciones sobre el venado cola blanca en la región han sido llevadas a cabo en Costa Rica (Weber y González, 2003) en general, el venado cola blanca tiene una distribución histórica que cubre todo el país. Sin embargo, en los últimos años se han capturado datos de la especie sobre todo en las costas pacíficas de la región y en el atlántico en la provincia de Limón (Gallina-tessaro, 2019). En Panamá se tienen registros de venado cola blanca en las provincias de Chiquirrí, Bocas del Toro, Los Santos, Herrera,

Coclé, Panamá Oeste, Colón, Panamá (Inaturalist, 2022). Otro estudio muestra que la mayor área de ocupación de la especie se encuentra en Madugandí, Guna Yala y Darién (Meyer *et al.*, 2019).

1.3.3. Sudamérica

En Sudamérica se encuentra el límite de distribución de la especie al sur, antaño se consideraba al venado cola blanca con distribución hasta Argentina, pero con el paso del tiempo la especie se fue dividiendo en otras, aunque su posición taxonómica aún sigue siendo incierta (Gallina-tessaro, 2019), con la clasificación taxonómica actual, el venado cola blanca llega solo hasta algunas regiones de Brasil y Bolivia.

En Colombia, la distribución del venado cola blanca se restringe a los departamentos de Meta, Vichada, Casanare, Arauca, Guaviare, Caquetá, Putumayo, La Guajira, Magdalena, Cesar, Sucre, Córdoba, Antioquía, Norte de Santander, Santander, Caldas, Tolima y Huila (Gallina-tessaro, 2019). En Venezuela el venado cola blanca es el herbívoro con mayor distribución en el país, cuenta con 3 subespecies *goudotii* en los Andes, *gymnotis* en la mayoría del país y *margaritae* que es endémica la isla de Margarita (Moscarella *et al.*, 2003).

En Brasil, su distribución se restringe solo a la parte norte de este país sudamericano, en específico en el estado de Roraima, Pará y la porción este del estado de Amapá (Mendes-Oliveria *et al.*, 2011). En Ecuador el venado cola blanca se encuentra presente en el suroeste del país, sobre todo en bosque seco, en ecosistemas de páramo alejadas de intervención humana, superiores a los 3300 msnm (Albuja, 2007), mientras que en Perú se encuentra en regiones boscosas, matorrales y serranías entre los 1000 a 3800 msnm. Sin embargo, en algunas regiones del país se encuentra ya localmente extinto (Baca, 2017). En lo que respecta a Bolivia, los registros de la especie son relativamente recientes, pues se creía que esta no se presentaba en dicho país; no obstante, ha sido identificado en el norte del país en el departamento de La Paz (Tarifa *et al.*, 2001).

1.4. Comportamiento

El venado cola blanca es un animal territorial que suele utilizar los mismos sitios a lo largo de su vida para buscar alimentación, reproducción, entre otros. El territorio del organismo debe ser suficientemente grande para cumplir sus necesidades vitales, pero lo suficientemente pequeño para permitir que tenga una ventaja sobre sus depredadores a consecuencia de su vasto conocimiento del área (Regal, 2013).

1.5. Patrón De Actividad

El venado cola blanca presenta un patrón de actividad usualmente catameral; sin embargo, este puede tener variaciones dependiendo de diversos factores (Ladine y Settles, 2020; Singh *et al.*, 2017). Por ejemplo, algunos estudios han demostrado que la actividad entre machos y hembras suele ser diurna con lapsos de actividad catameral, así pues, al momento de contar con crías la actividad de las hembras cambia drásticamente y se transforma totalmente en diurna con picos de actividad a mediodía como estrategia para evitar predación, esto, a su vez, puede llevar a hacer menos eficiente las estrategias de forrajeo (Higdon *et al.*, 2019).

Además, a pesar de que el venado cola blanca presente una actividad en su mayoría durante el día, hay registros del mismo durante la noche, donde su patrón se ve aumentando en días con mucha luz lunar y poca nubosidad, esto se debe, posiblemente, a que la luz mejora sus actividades de forrajeo y evasión de depredadores (Ladine y Settles, 2020).

Algunas interacciones con los humanos afectan el patrón de actividad de los venados cola blanca, por ejemplo, en sitios donde exista una mayor presión de cacería o mayor cercanía a civilizaciones las poblaciones de esta especie cambian su patrón de actividad y tienden a ser nocturnos (Gaynor *et al.*, 2018). Para el sitio bajo estudio, se ha reportado al venado cola blanca mayoritariamente diurno, con cierta actividad catameral, con picos alrededor de las 15:00 h (González, 2015).

1.6. Alimentación

La alimentación del venado cola blanca se ve explicada por la teoría del óptimo forrajeo, en la que se dice que los organismos tratan de tener un balance entre la energía que utilizan para forrajear y la que logran consumir, por ende, los organismos prefieren alimentos con mayor valor nutricional (Dykes *et al.*, 2020). En general, los organismos de esta especie son oportunistas, ya que eligen gran diversidad y partes de plantas como: hojas tiernas, ramas y retoños; sobre todo en época seca donde deben enfrentarse a condiciones más difíciles, entre las familias de plantas de mayor consumo se encuentran las familias: *Poaceae*, *Fabaceae*, *Malvaceae*, *Myrtaceae*, *Commelinaceae*, *Rubiaceae*, *Malpighiaceae* y *Begoniaceae* (López-Pérez *et al.*, 2012).

1.7. Importancia Ecológica

Los ungulados en general modifican el ecosistema en el que habitan de una manera directa e indirecta, teniendo tanto efectos negativos como positivos, normalmente estos organismos tienden a transformar las comunidades vegetales según su consumo. Entre los beneficios positivos se encuentra la propagación de semillas y abono para las mismas, pero, cuando estos organismos se encuentran en abundancias demasiado grandes pueden eliminar poblaciones, vegetales poco abundantes (Parker *et al.*, 2020).

En los ecosistemas todo se encuentra interconectado, por ejemplo, ha sido demostrado que cuando existe una disminución o extirpación de poblaciones de mamíferos como los venados, existe un aumento de poblaciones de roedores que culmina con el aumento y prevalencia de enfermedades zoonóticas que pueden ser transmisibles a humanos (Young *et al.*, 2014). A su vez, también son cazados por jaguares y pumas cumpliendo otro nicho en el ecosistema (Estrada-Hernández, 2008; Novack *et al.*, 2005).

1.8. Importancia Social

Los humanos también hacen uso del venado cola blanca, ya sea por cacería furtiva, comercial, deportiva o de subsistencia, en este caso, en algunas regiones se cuentan con programas que regulan esta actividad. Usualmente, existe una selectividad hacia los machos, por las astas; sin

embargo, la cacería de hembras si es utilizada para manejo de densidades altas (Baca, 2017). En el departamento de Petén se ha reportado que comunidades cercanas en la RBM tienen como una de sus presas principales al venado cola blanca; no obstante, no se vio que dicha actividad tuviera mayor efecto en las poblaciones silvestres (Soto, 2003).

Antaño, el venado cola blanca era de gran importancia para las poblaciones precolombinas, en general eran cazados por su carne, pero era tal su relevancia que los organismos ya cazados podían viajar largas distancias llevados por comerciantes para vender en sitios donde era escaso este recurso (Thornton, 2011).

1.9. Reproducción y Gestación

La temporada reproductiva del venado cola blanca es no-estacional entre los 14°-18° N donde la variación de luz diurna durante el año es baja, mientras que en latitudes mayores tiende a tener un patrón estacional. A pesar de no estar relacionado con las estaciones, en latitudes bajas existe una mayor reproducción durante la época lluviosa, la mayoría de nacimiento se dan durante la época seca con un segundo pico hacia la última parte de la época lluviosa (Fuller *et al.*, 2020).

Los venados cola blanca suelen ser polígamos y presentan un alto dimorfismo sexual (Deyoung *et al.*, 2009). Los machos alcanzan su madurez física y el máximo desarrollo de sus astas entre los 4.5-5.5 años de edad. No obstante, el desarrollo de las astas puede continuar hasta los ocho años. Las hembras consiguen su tamaño máximo entre los 2.5-3.5 años (Regal, 2013). Usualmente, existe un mayor éxito reproductivo de algunos pocos machos que dominan los territorios en los que habitan (Deyoung *et al.*, 2009), estos utilizan sus astas para marcar territorio. Usualmente, las astas inician siendo caramas, cubiertas con terciopelo, pero al término del primero año de vida los machos cuentan con caramas pulidas, lo que es un indicio de madurez sexual (Baca, 2017).

1.10. Estado De Conservación

En general, el estado de conservación del venado cola blanca no es preocupante. En Estados Unidos existen al menos 26 millones de estos organismos (Deyoung *et al.*, 2009), en Honduras, el decreto

36-93 lo declara mamífero nacional, similar a lo que sucede en Costa Rica, en donde la especie es considerada un símbolo nacional de conservación desde el año 1995 (Gallina-tessaro, 2019).

Organizaciones como la IUCN (2021) lo han declarado como una especie de baja preocupación, pues sus poblaciones, a lo largo del tiempo, se han mantenido estables; sin embargo, en algunos sitios dentro de su distribución si se presentan extinciones locales. El venado cola blanca se encuentra en el apéndice III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre, el cual indica que la especie se encuentra en poco peligro de extinción y que puede ser utilizado para comercio internacional regulado (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre [CITES], 2021). Para el Consejo Nacional de áreas Protegidas (CONAP) el venado cola blanca se encuentra en la categoría 3 de la lista de especies amenazadas (LEA), es decir, que son especies que se encuentran amenazadas por explotación o pérdida de hábitat, pero el estado de sus poblaciones permite su uso y manejo regulado, donde se espera que su uso sea en gran mayoría científico, comercio regulado, cacería controlada y reproducción comercial hasta segunda generación (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], 2021).

1.11. Estudios En Guatemala

En Guatemala se han realizado varios estudios sobre el venado cola blanca en temas como: estado de conservación, paleontología, etología, ecología y parasitología. Entre los estudios que se pueden mencionar se encuentra el de Estado de conservación del venado cola blanca, cabrito rojo y el cabro bayo en Guatemala, en la Reserva de Biosfera Calakmul y el ejido Nuevo Becal, México, donde existen registros del patrón de actividad y el uso que dan estas tres especies a las aguadas dentro de la selva Maya (Kraker *et al.*, 2019). Otro estudio reporta, de manera indirecta, ya que el mismo se basaba en el estudio del pecari de labio blanco, la presencia de venado cola blanca en el BPNDL, Petén (Moreira-ramírez y García, 2011).

Se ha determinado que el patrón de actividad de venados cola blanca en cautiverio presentan una estacionalidad con respecto a sus crías, usualmente estas nacen en marzo y abril, al igual que entre

sus preferencias alimentarias se encuentra el *Hibiscus rosasimensis*, pera (*Pyrus communis*) y Costa Rica (*Bahuinia sp.*) (Vaides, 2020).

En el ámbito médico, se ha encontrado presencia de *Fasciola hepatica* en cérvidos de la fundación protectora de animales en vías de extinción ubicada en Livingston, Izabal (Santos, 2020). Se han estudiado los parásitos externos del venado cola blanca, donde los mismos estaban parasitados con *Rhipicephalus microplus* Canestrini 1888, el 13.33 % con *Amblyomma sp.*, el 6.67 % con *Amblyomma parvum* Aragao 1908 y el 6.67 % con *Dermacentor variabilis* Say, 1821 (Álvarez-Robles et al., 2018).

Desde una perspectiva antropológica y arqueológica se ha determinado que la dieta de los mayas prehispánicos del sitio arqueológico Nakum era una fuente de consumo de proteína animal recurrente (Rand et al., 2020). Su carne era comerciada ampliamente, en conjunto con la del pecarí de labio blanco (Thornton, 2011). También, a partir de dientes de venado cola blanca se ha logrado determinar el clima en tiempos prehispánicos al medir isótopos de Oxígeno 18 y Carbono 13 (Rivera-Araya et al., 2019).

1.12. Aguadas

En toda la selva Maya, como en la RBM, el suelo es cársticos, arcilloso y poco permeables lo que favorecen la formación de cuerpos de agua estacionales llamados “aguadas” (Reyna-hurtado y Carrillo-reyna, 2016). Estas pueden variar desde aproximadamente 200 m² hasta varias hectáreas, aunque, durante la época seca algunas de estas pueden llegar a secarse por completo (García et al., 2018). Existe una asociación entre estos cuerpos de agua y la presencia de mamíferos de talla mediana y grande, sobre todo en la época seca (Lorenzo et al., 2008; Novack et al., 2005). Siendo el agua de gran importancia para diversas de organismos, la misma puede ser un factor limitante en la distribución de las especies, en especial en las zonas donde no hay ningún otro cuerpo de agua superficial (García y Leonardo, 2016).

Debido a la importancia de las aguadas para las especies de fauna local, el recurso hídrico lagunar es considerado un elemento de conservación de filtro grueso, el cual incluye a los lagos, lagunas, lagunetas, aguadas, ríos y cenotes (CONAP, 2015).

Las aguadas son un hábitat que está sujeto a varias presiones como: el cambio climático, la permeabilidad del suelo, las variaciones climáticas, la intensidad del uso por la fauna y el uso humano inapropiado (Lorenzo et al., 2008). Sobre todo con la creciente presión que ejerce el cambio climático, las aguadas se verán afectadas ya que se espera una disminución de la precipitación y una menor duración de la época lluviosa en el área (Madero *et al.*, 2012), por lo tanto, es importante crear estrategias para preservar a los mismos.

1.13. Análisis Fototrampeo

Las cámaras trampa son un método de muestreo que se utiliza con frecuencia en estudios de ecología (Meek *et al.*, 2018). Fue introducido en 1956 y cobró popularidad en 1995, llegando a tener un crecimiento del 50 % en el uso de este método con respecto al año anterior (Schneider *et al.*, 2018). Tienen la ventaja de ser un método no invasivo que permite conocer patrones de abundancia, ocupación, hábitat, reproducción y patrones de actividad que presentan los organismos, además de dar a conocer el sexo, edad, densidad y estructura poblacional (Silveira *et al.*, 2003). Se han utilizado para estudiar diversidad de grupos como carnívoros, ungulados, aves, reptiles y conflictos que presenta la fauna con los humanos (Borchers *et al.*, 2014; Brossard y Pritz, 2013; García *et al.*, 2017; Whytock *et al.*, 2021). Recientemente, existen esfuerzos que buscan automatizar el procesamiento de estas imágenes, pues suele ser un arduo trabajo y un gran consumo de tiempo lograr procesar todas las capturas (Schneider *et al.*, 2018).

1.14. Análisis De Patrón De Actividad

Luego de que las cámaras trampa fueran introducidas a mediados del siglo XX fueron diversificando sus usos, elaborándose distintos métodos para trabajar con los datos que capturaban (O'Connell *et al.*, 2011), incluyendo en estos los estudios de análisis de patrón de actividad (Rowcliffe, *et al.*, 2014). Las cámaras trampa capturan la hora y el día en el cuál la foto es tomada, permitiendo realizar un análisis temporal. Muchos artículos presentan estos análisis agrupando las horas de capturas o transformándolas en intervalos donde se pierde información; sin embargo, existen nuevos métodos como el de densidades de Kernel donde, a partir de datos circulares (0 es considerado media noche y 2pi el día completo), se obtiene un análisis temporal detallado (Ridout y Linkie, 2009). Para trabajar

con dichas densidades es posible trabajar con los paquetes del software R *overlap* y *activity* (Ridout y Linkie, 2009; Rowcliffe, 2019; Rowcliffe *et al.*, 2014).

Otra forma de medir la actividad es según la frecuencia de visita. Esta se mide por medio de la fórmula $IFV=C/EM$ donde C es el número de capturas o eventos fotográficos independientes, EM es el esfuerzo de muestreo o el número de trampas cámara por noche de monitoreo (Moreira-Ramírez *et al.*, 2016). Esto permite dar a conocer un número similar a la abundancia relativa, que permite hacer comparaciones entre sitios, años o especies (Maffei *et al.*, 2002). Esta metodología ya ha sido utilizada para evaluar el patrón de actividad en otros organismos (Maffei *et al.*, 2002; Moreira-Ramírez *et al.*, 2016; Sandoval-Serés *et al.*, 2016).

La latencia de visita se define como el tiempo que tarda un organismo en regresar a las aguadas (Sandoval-Serés *et al.*, 2016), por ejemplo, Sandoval (2020), definió para su estudio con tapires, la latencia de visita como el número de días que pasaban para que en un mismo cuerpo de agua se recibiera una nueva visita de tapir, a partir de eso calculó una latencia por aguadas y por años de estudio.

El comportamiento animal, por razones evolutivas, debe conferir alguna ventaja evolutiva, pues este se transmite de generación en generación (William y Nowicki, 2006). A su vez, dicho comportamiento debe estar relacionado con la energía utilizada dependiendo de la actividad que se realice, ya sea forrajeo, locomoción, estado de alerta, reproducción, juego, entre otros; estos tipos de comportamiento pueden variar según varios factores, como el sexo, edad, fotoperiodo o estado reproductivo (Sorensen y Taylor, 1995). La tecnología de las cámaras trampa permite conocer de mejor forma el mismo, por ejemplo, se ha documentado la forma en que los mustélidos guardan los frutos que consumen, la forma en que algunos mamíferos cuidan de sus crías, las interacciones entre plantas y animales y modos de predación (Trolliet *et al.*, 2014).

1.14.1. Patrón De Actividad En Aguadas

El agua es un recurso vital para los organismos vivos, esta se puede encontrar en los alimentos como producto de procesos metabólicos o en estado libre, donde algunas especies, según su fisiología,

pueden necesitar más que otras (Moreira-Ramírez *et al.*, 2016). En Costa Rica, un estudio revela que las aguadas son utilizadas por diversas especies como el mono capuchino (*Cebus capucinus*, Linnaeus, 1758), la garza tigre (*Trigirsoma mexicanum*, Swainson, 1834), el venado cola blanca y el tapir, sobre todo, durante la época seca (Montalvo *et al.*, 2019).

En la selva Maya, se ha evidenciado el uso que le dan distintas especies a las aguadas, por ejemplo, en Belice se estimó que el tapir presenta una ocupación cercana al 86 % con un índice de probabilidad de ocupación del 0.97, resaltando la importancia de estos cuerpos de agua (Martinez *et al.*, 2020). En México, en la Reserva de Biosfera de Calakmul y Ejido Nuevo Becal, se estimó la abundancia relativa y la latencia de visita, siendo más abundante en Nuevo Becal, con una latencia de visita de 39 durante la época lluviosa y de 9.6 días en la época seca, debido a la carencia de agua (Sandoval-Serés *et al.*, 2016). También se han realizado estudios similares con carnívoros, donde algunas especies tomaron hasta 140 cámaras-día para aparecer en la Reserva de Calakmul (Briceño-Méndez *et al.*, 2017).

En el BPNDL se han hecho algunos estudios de actividad temporal. El faisán (*Crax rubra* Linnaeus, 1758), la cojolita (*Penelope purpurascens* Wagler, 1830), la mancolola (*Tinamu major* J.F. Gmelin, 1789) el cabrito (*Mazama sp.*), el venado de cola blanca (*O. virginianus*), el jabalí (*Tayassu pecari* Link, 1795) coche de monte (*Pecari tajacu* Linnaeus, 1758), jaguar (*P. onca*) y el puma (*P. concolor*) fueron reportados como diurnos teniendo el primero picos de actividad en las primeras horas de la mañana, mientras que especies como el tepezcuintle (*Cuniculus paca* Linnaeus, 1766), ocelote (*Leopardus pardalis* Linnaeus, 1758 y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus* Schreber, 1775) presentaban actividad nocturna, el único reportado como catameral fue el tapir o danto (*T. bairdii*) (Gaitán *et al.*, 2021; González, 2015). En otro estudio realizado en el área sobre otro ungulado, el tapir, se evaluó el patrón diario de actividad, frecuencia de visita y latencia de visita para la población en general, donde entre los rasgos más interesantes se obtuvo que el tapir visitaba las aguadas más frecuentemente y tardaba menos en regresar a las mismas durante la época seca (Sandoval, 2020).

1.15. Descripción Del Área De Estudio

La RBM, tiene una extensión de 20,960 km², cuenta con un gradiente de humedad que se extiende de oeste a este, siendo más lluvioso y frío en el lado oeste (CONAP, 2015), se encuentra dividida en varias unidades de manejo administradas por distintas instituciones (Novack *et al.*, 2005), la división consiste en: zona de uso múltiple (ZUM), con fines extractivos de bajo impacto, una zona de amortiguamiento (ZAM) de 15 km de ancho en toda la parte sur de la misma y 9 zonas núcleo, entre las que se encuentran: Parque Nacional Sierra de Lacandón, Parque Nacional Laguna del Tigre, Parque Nacional Tikal, Biotopo Protegido San Miguel la Palotada El Zotz, Parque Nacional Yaxha, Nakum Naranjo, Parque Nacional Mirador Río Azul, Biotopo Protegido Laguna del Tigre, Biotopo Protegido Cerro Cahú y el BPNDL (CONAP, 2015)(Figura 1).

El BPNDL se encuentra en una región poco habitada al norte de la RBM, limitando con la Reserva de Biosfera Calakmul (RBC) al norte, hacia el sureste y oeste con el Parque Nacional Mirador-Río Azul (Novack *et al.*, 2005; Veras, 2009). El mismo pertenece a la Universidad de San Carlos de Guatemala, aunque carece de registro legal de inscripción (Veras, 2009). La extensión real del biotopo varía entre instituciones pues el SIGAP registra 307.19 km² y el registro de información catastral (RIC) evalúa un total de 302.45 km².

1.15.1. Características Físicas

1.15.1.1. Geología

El BPNDL está incluido en la división fisiográfica denominada tierras bajas del Petén caribe, típicamente kárstica, presentando elevaciones en algunos puntos superiores a los 400 msnm, aunque la mayoría del parque presenta planicies de entre 80 a 250 msnm (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], 2009; Veras, 2009). Son dominantes las rocas sedimentarias de las épocas geológicas cretácicas y la última parte de la cenozoica, con depósitos marinos de yeso y margas, además de presentar aluviones que se caracterizan por un deficiente drenaje y regiones pantanosas, siendo la mayoría del área plana, exceptuando las colinas ubicadas hacia el norte (Centro de Estudios Conservacionistas [CECON], 2002).

1.15.1.2. Clima

El BPNDL tiene una temperatura media de entre 22-29°C. En el área se encuentran presentes algunos ríos temporales y aguadas, el lugar cuenta con poca accesibilidad a poblaciones humanas (Novack *et al.*, 2005). La precipitación anual es de 1160 a 1170 mm por año, con una tasa de evapotranspiración del 0.95 % (CECON, 2002). Las mayores temperaturas se han registrado en el mes de mayo (García *et al.*, 2018).

1.15.1.3. Hidrología

La hidrología del lugar es poco conocida, especialmente en ríos y cuerpos subterráneos; sin embargo, se sabe que el biotopo pertenece a las cuencas de los ríos Azul y Mopán que desembocan en el atlántico. El drenaje es defectuoso lo que permite la formación de aguadas y pantanos (CECON, 2002). Estas son de gran importancia, sobre todo en la época seca, donde son el mayor reservorio de agua para el ecosistema local, aunque algunas de estas suelen secarse por completo durante esta época (García *et al.*, 2018). La precipitación promedio es de 1136 mm/año con variaciones estacionales, estas lluvias causan que los bosques bajos se inunden dificultando el acceso a centros de operación (CONAP, 2009).

1.15.2. Características Biológicas

1.15.2.1. Flora

Existe gran diversidad de especies de plantas dentro del biotopo, entre las que se pueden mencionar: *Pouteria reticulata* (Engl.) Eyma, *Brosimum alicastrum* Sw., 1788, *Trichilia minutiflora* Standl., *Manilkara zapota* (L.) P.Royen, 1953, *Talisia oliviformis* (Kunth) Radlk., *Metopium brownei* (Jacq.) Urb., *Haematoxylum campechianum* L., *Coccoloba reflexiflora* Standl., *Terminalia amazonia* (J. F. Gmel.) Exell, *Pseudolmedia spuria* (Sw.) Griseb., *Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni, *Aspidosperma megalocarpon* Müll. Arg., *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Lonchocarpus castilloi* Standl., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, *Zuelania guidonia* (Sw.) Britton & Millsp., *Cedrela odorata* L. (Velasquez, 2015), siendo la vegetación dividida en bosque alto en relieve medio (47.97 %), bosque alto en alto relieve (33.24 %), bosque alto en relieve pronunciado (15.37 %), bosque en bajo

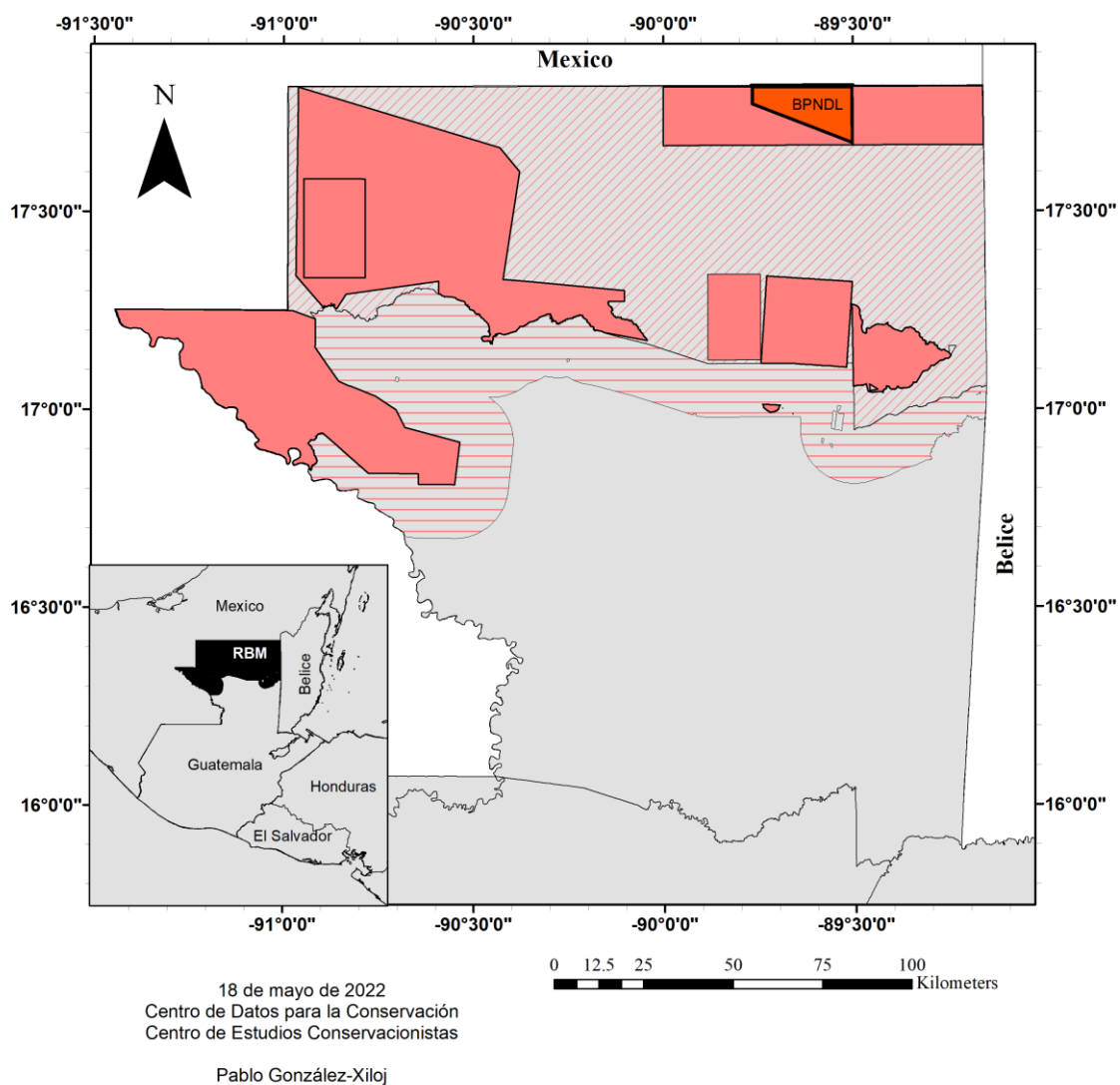
(2.65 %), bosque alto en planicie (0.76 %) (Veras, 2009). En los bajos existe una predominancia del tinto (*H. campechianum*), conjunto con vegetación herbáceas, mientras que en serranía existe una predominancia del zapotillo de hoja fina (*P. reticulata*) y el ramón (*B. alicastrum*) (Ixcot *et al.*, 2005).

1.15.2.2. Fauna

Se han realizado estudios de varios grupos de fauna en el área, pues en la misma se encuentran varias especies de vertebrados e invertebrados. Se han reportado 38 especies de reptiles, 7 de anfibios, 39 de mamíferos y 118 aves (Ixcot *et al.*, 2005), entre las especies de mamíferos se pueden mencionar varios estudios con cámaras trampa donde se han estudiado jaguares (*P. onca*), puma (*P. concolor*), venado de cola blanca (*O. virginianus*), cabrito (*Mazama sp.*), pecarí de collar (*P. tajacu*), jabalí (*T. pecari*), tapir o danta (*T. bairdii*), entre otros (García *et al.*, 2017; García y Leonardo, 2016; Moreira-ramírez y García, 2011; Novack *et al.*, 2005). Especies como el venado cola blanca, que se considera especie cinegética, tapir y jaguar son considerados elementos naturales de conservación de la RBM (CONAP, 2015).

Figura 1

Mapa de ubicación geográfica del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas



Leyenda: ashurado horizontal zona de amortiguamiento (ZAM), en ashurado diagonal zona de usos múltiples (ZUM), en color rosado zonas núcleo (ZN) y en color rojo el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas.

2. Justificación

La Constitución Política de la República de Guatemala (1985, artículo 64) especifica que es de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la nación. La misma estipula que el Estado debe fomentar la creación de parques nacionales, reservas y refugios naturales, los cuales son inalienables. A consecuencia de este artículo se creó la RBM ubicada al norte de Guatemala en el departamento de Petén, que consta de 20,960 km² de bosques tropicales de tierras bajas, aproximadamente 20 % del territorio nacional. El área se encuentra subdividida en 33 unidades de manejo, 9 zonas núcleo, incluyendo el BPNDL, y 24 zonas de usos múltiples (CONAP, 2015).

La Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), mediante la Coordinadora General de Planificación, propuso una serie de acciones de la mano de los objetivos de desarrollo sostenible y el plan nacional de desarrollo K'atun 2032. Entre estas acciones se pueden mencionar específicamente la meta 15.5 que textualmente dice: "Adoptar con urgencia medidas importantes para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica y, para 2020, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción" (Sistema de Consejos de Desarrollo [SISCODE], 2017, pág. 111). La misma universidad, para lograr cumplir con esta meta, cuenta con la ventaja de administrar una serie de áreas protegidas entre las que se encuentran cuatro áreas dentro de la RBM, específicamente el área de interés para este estudio fue el BPNDL.

El CONAP en el plan maestro de la RBM (2015) estipula que se debe tomar bastante importancia en el estudio del venado cola blanca, pues se encuentra entre las especies cinegéticas de ungulados, además que, junto con las aguadas, son considerados elementos de conservación. A pesar de esto, la información en Guatemala sobre la especie es escasa y aún menor es su conocimiento en cuanto a patrones de actividad. Pocos estudios se han realizado en el país con respecto a este tema, por ejemplo, se ha estudiado la actividad temporal de *T. pecari* y el patrón de actividad del *T. bairdii* (Moreira-Ramírez *et al.*, 2015; Sandoval, 2020). Analizar a profundidad estos temas puede ayudar a crear mejores esfuerzos de conservación (Blumstein y Fernández-Juricic, 2010).

El venado cola blanca tiene gran importancia desde varias perspectivas. En una perspectiva ecológica, tiene como función ser dispersor de semillas, alterando la estructura de los bosques, pues permite que existe un mayor rango de movimiento de plantas por endozoocoría, esto a la vez permite existe mayor conectividad entre distintos sitios (Jara-Guerrero *et al.*, 2018). En una perspectiva económica y de seguridad alimentaria, la cacería de este organismo juega gran importancia para las poblaciones humanas, ya que se ha documentado esta actividad en todo su rango de distribución (Little *et al.*, 2016; Marantz *et al.*, 2016). En comunidades del sur de México, cercanas a la frontera con Guatemala, el venado cola blanca es el elemento de mayor importancia al momento de cazar, ya que tiene varios usos como: medicina, comida, adornos o comercio (Guiascón y Padilla Paz, 2018). En lo que respecta a Guatemala, la cacería tiene gran importancia en las concesiones forestales dentro de la RBM (Radachowsky *et al.*, 2011). En una perspectiva histórica, las poblaciones prehispánicas solían cazar a estos organismos (Castro *et al.*, 2020; Martínez-Polanco, 2018), además de tener importancia en rituales y ceremonias antiguas, donde se ha sugerido incluso su domesticación (Cantrill-Stewart, 2018). De no estar presente el venado cola blanca en su rango de distribución conllevaría varios efectos en cascada, como por ejemplo, el aumento de poblaciones de mamíferos menores, que a su vez, conlleva un aumento y prevalencia de enfermedades zoonóticas (Young *et al.*, 2014).

Especies de ungulados, como el venado cola blanca son bastante sensibles a la desecación, al disminuir la precipitación, disminuye su movimiento y tiende a dirigirse a áreas con mayor disponibilidad del recurso (Mandujano y Hernandez, 2019). Además, según el plan maestro de la RBM de CONAP (2015) tanto el venado cola blanca como las aguadas son elementos de conservación de la reserva, por ende, el presente estudio busca caracterizar el patrón de actividad del venado cola blanca, su frecuencia, latencia de visita de aguadas y su comportamiento, lo que determina la importancia de estos cuerpos de agua para la especie. Esto con el fin de proponer recomendaciones de manejo y conservación para el BPNDL, dar insumos para futuros planes maestros, comprender de mejor forma los monitores de control actual. Además de ayudar a la conservación de la especie, importante para el país por varios motivos ya mencionados, como también cumplir los objetivos planteados a nivel universitario y de nación.

3. Objetivos

3.1. General

Caracterizar el patrón de actividad del venado cola blanca (*O. virginianus*) en aguadas del BPNDL Petén.

3.2. Específico

- Conocer el patrón diario de actividad, de latencia y frecuencia de visita semanal del venado cola blanca en aguadas en el BPNDL según el sexo y edad.
- Caracterizar el comportamiento del venado cola blanca al momento de visitar aguadas del BPNDL.
- Determinar la relación del patrón diario de actividad, frecuencia de visita semanal y latencia de visita semanal del venado cola blanca con la temperatura, lluvia acumulada, humedad relativa y disponibilidad de agua.

4. Hipótesis

El patrón de actividad de la especie *O. virginianus* tiene picos de actividad a medio día, mostrando mayor actividad durante las horas menos calientes y húmedas, visitando y manteniéndose más tiempo en las aguadas en época seca.

5. Materiales y Métodos

5.1. Población

Venados cola blanca que visitan las aguadas del BPNDL.

5.2. Muestra

435 registros independientes de venado cola blanca obtenidos por fototrampeo durante época seca y principios de época lluviosa en aguadas del BPNDL del 2013 al 2019 por el CDC-CECON.

Para el siguiente estudio se utilizaron datos colectados por medio de cámaras trampa en aguadas del BPNDL, durante la época seca e inicios de la lluviosa en el periodo comprendido entre 2013-2019, siguiendo la metodología descrita por García *et al.* (2016), en la que se utilizaron 9 cámaras marca *Bushnell Trophy Cam Agressor No Glow* y *Cuddeback X-change model 1279* dentro del biotopo, a una altura aproximada de 0.6 m sobre el suelo, atadas en árboles, siendo programadas con una resolución de 14 MP, 1 foto por evento de captura, 1 s de intervalo entre eventos de captura.

Posteriormente, se realizó una depuración de las capturas siguiendo criterios utilizados por González (2015), donde cada captura se ingresa al programa *Camera base*, tomando en cuenta para este análisis únicamente aquellas capturas que se separaban por al menos 1 h (435 eventos independientes) a pesar de que no existe una razón biológica para dicha separación, usualmente se realiza en varios artículos científicos según este intervalo de tiempo (Anile y Devillard, 2016). En la base de datos se encontraban metadatos como la hora de captura, fecha, semana del año, aguada visitada, estado etario y sexo del espécimen. En dado caso existieran dos o más individuos en cada captura, se duplicaba el evento por cada individuo presente. Los metadatos fueron utilizados para realizar los análisis pertinentes, descritos en la siguiente sección.

5.3. Análisis Estadístico

En primer lugar, se depuró la base de datos observando captura por captura para identificar el sexo, estado etario y comportamiento de cada individuo, además de duplicar los eventos donde hubiera

más de un individuo. Posteriormente, para realizar todos los análisis se utilizó el *software* estadístico R versión 4.0.2, para todos los datos se evaluó normalidad utilizando la prueba de *Shapiro-Wilks*.

5.3.1. Patrón Diario De Actividad

Para el análisis de PDA se utilizó la hora de captura; esta hora fue convertida a datos circulares que consiste en representar a un día como su equivalente a una circunferencia y medir las horas en ángulos en radianes, es decir, por ejemplo, $2\pi \text{ rad}=24 \text{ h}$, o bien, $12 \text{ h}=\pi$, esto se hace en la actualidad debido a que los programas de análisis deben de entender que existe la misma distancia entre las 23:00-00:00 y las 00:00-01:00 horas, tomando el tiempo de manera lineal se crea un entendimiento erróneo de la realidad donde la distancia entre 00:00-23:00 es mayor a la distancia entre 00:00-01:00, todo esto siguiendo el modelo de *Ridout y Linkie* (2009) donde el mínimo de datos utilizados es de 25 capturas. Ya con los datos transformados se procede a trabajar según el método de *Kernel* que permiten conocer densidades de una población a partir de una muestra dada de frecuencias (Terrell y Scott, 1992), a partir de esto se calculan densidades de captura por hora, mostrando las horas de mayor y menor densidad utilizando el paquete *Activity* (Rowcliffe, 2019). Para comparar la actividad entre sexos se utilizó el paquete *Overlap*, utilizando la prueba para muestras grandes *Dhat4*, que permite conocer si existen diferencias significativas entre los horarios de actividad y también brinda un índice de traslape entre dos poblaciones (Ridout y Linkie, 2009).

5.3.2. Frecuencia De Visita Semanal

La FV hace referencia al número de veces que el venado cola blanca visita una misma aguada por un periodo determinado (Moreira-Ramírez *et al.*, 2016; Sandoval-Serés *et al.*, 2016), para el presente estudio el intervalo de tiempo determinado es de una semana.

Partiendo de la base de datos se procedió a contabilizar las capturas independientes de venado cola blanca por semana; sin embargo, al momento de comparar entre aguadas surgió la necesidad de contabilizar “abundancias relativas” o en este caso, frecuencias relativas semanales de captura, pues hubo diferentes esfuerzos de muestreo dependiendo de la aguada, ya fuera por la planificación en sí, o por el desperfecto de alguna de las cámaras (Meek *et al.*, 2018). Posteriormente, se procedió

a realizar el cálculo de número de capturas semanales dividido la cantidad de cámaras presentes en la aguada durante la semana por la cantidad de días de la semana en que las cámaras estuvieron presentes por 100 ($\#$ de registros/(cámaras x día)*100), es decir, número de capturas dividido el esfuerzo de muestreo, dando como resultado el número de individuos detectados por día utilizando una cámara trampa en una aguada.

Para la población general y según el sexo, se obtuvieron medias y desviaciones estándar de FVS, se evaluaron las aguadas con mayor media de FVS por año; las aguada con mayor FVS de todos los años y el año con mayor FVS, realizando pruebas no paramétricas de *Kruskal-Wallis* se buscaron diferencias significativas seguidas por una serie de pruebas pareadas *post hoc* con un ajuste de *Dunn-Bonferroni*. Asimismo, se realizó un análisis semanal de todos los años para distinguir diferencias significativas entre época seca y lluviosa, obteniendo medias y desviaciones estándar según la época. Tanto para la comparación entre épocas como para la comparación entre sexos se utilizó una prueba de *U Mann-Whitney*.

5.3.3. Latencia De Visita Semanal

La LVS se define como el número de días que pasan para que una misma aguada vuelva a recibir una visita de un venado cola blanca (Sandoval-Serés *et al.*, 2016). Esta se calculó con el número de días que tarda en volver a haber una visita independiente de venado cola blanca desde la última visita registrada. Entonces, para ser calculado, se realizaba una resta entre las fechas del registro “nuevo” y el registro inmediatamente anterior (RN-RA).

Al igual que la FVS, para la población general y según el sexo, se obtuvieron medias y desviaciones estándar de LVS, se evaluaron las aguadas con mayor media de LVS por año; las aguada con mayor LVS de todos los años y el año con mayor LVS, realizando pruebas no paramétricas de *Kruskal-Wallis* se buscaron diferencias significativas seguidas por una serie de pruebas pareadas *post hoc* con un ajuste de *Dunn-Bonferroni*. Asimismo, se realizó un análisis semanal de todos los años para distinguir diferencias significativas entre época seca y lluviosa, obteniendo medias y desviaciones estándar según la época. Tanto para la comparación entre épocas como para la comparación entre sexos se utilizó una prueba de *U Mann-Whitney*.

5.3.4. Comportamiento

La caracterización del comportamiento se realizó mediante una modificación de la clasificación utilizada por Sorensen y Taylor (1995). Se contó con 5 clasificaciones: forrajeo (masticación de plantas, ramas, búsqueda de comida), locomoción (caminando o corriendo), bebiendo, alerta (definida por la cabeza hacia arriba, orejas erectas y cuerpo rígido) y otros (acicalamiento, cuidado de crías, defecando, jugando). De estos se obtuvo una gráfica de frecuencias según actividad.

5.3.5. Relación Con Variables Climáticas

Para conocer la relación entre la temperatura promedio, precipitación acumulada de dos semanas y humedad relativa promedio con el PDA, FVS y LVS se utilizaron variables ambientales 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) Calakmull II, para los años de 2013 a 2019.

La estación proporcionó por hora los datos de temperatura del aire promedio y humedad relativa promedio. Para el análisis de relación de FVS y LVS se calculaba una media semanal a partir de estas capturas por hora. Para la precipitación, la estación brindaba un valor por día, con el cual se calculó la precipitación acumulada de dos semanas realizando la suma diaria pertinente. Estos datos se relacionaron con el PDA, FVS y LVS utilizando una prueba de correlación de *Spearman*.

Para evaluar la disponibilidad de agua en las aguadas se utilizaron fotocapturas de cámaras *Bushnell Trophy Cam Agressor No Glow* ubicadas a una altura aproximada de 1.5 m, estas cámaras fueron ubicadas específicamente para medir el agua presente en cada aguada, la misma se activaba a cada hora durante el día utilizando la función *fieldscan* durante los años 2016-2019 (García, 2016). De las aproximadamente 10-12 fotos que la cámara tomaba diariamente se elegía una captura por día, usualmente se escogía la hora donde mejor visualización se tenía de la aguada, a partir de esto se clasificaba la foto según la misma presentara o no agua. Para conocer si existía relación entre las variables FVS y LVS con la presencia y ausencia de agua se compararon los valores utilizando una prueba de *U de Mann-Whitney*.

6. Resultados

De los 435 eventos independientes compilados, corresponden a 130 con presencia de machos, 118 con presencia de hembras y 187 sin identificar el sexo de los individuos. En estos últimos la fotografía no hacía posible la determinación porque no permitía observar caracteres sexuales (Tabla 2). Con respecto a las clases etarias se obtuvo un total de 297 eventos con presencia de individuos adultos, 44 con presencia de juveniles, 36 con presencia de crías y 58 sin identificación de la edad. Debido a la baja cantidad de registros para algunas clases etarias se procedió a realizar los análisis solamente tomando en cuenta la población general y los sexos.

Tabla 2

*Conteo de registros independientes de *Odocoileus virginianus* en el Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas del año 2013-2019 por categoría etaria y sexo*

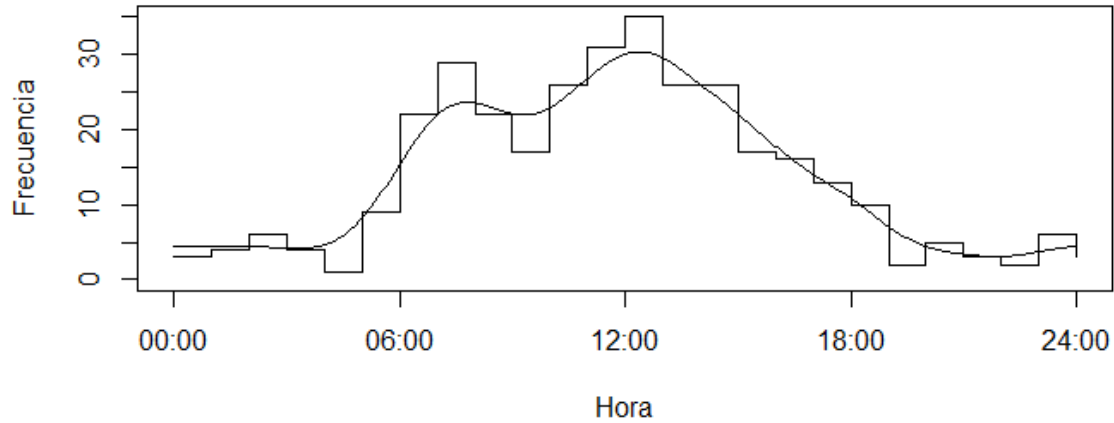
Categorías	Hembras	Machos	Sin identificar	Total Etario
Adulto	107	122	68	297
Cría			36	36
Juvenil	9	3	32	44
Sin identificar	2	5	51	58
Total Sexo	118	130	187	435

6.1. Patrón Diario De Actividad

El PDA de la población general presentó el mayor pico de actividad alrededor de las 13:00 h, aunque puede observarse un segundo pico en cuanto a magnitud alrededor de las 8:00 h (Figura 2), cabe resaltar que el 84 % de los registros se encontraron entre 6:00 h y 18:00 h. Ahora bien, con respecto al PDA según el sexo, se observó que el patrón de actividad de las hembras (Figura 3A) presentó el mayor pico de actividad a las (10:00 a 11:00 h), en caso contrario, los machos (Figura 3B) presentaron mayor actividad alrededor de (13:00 a 14:00 h). El traslape de actividad entre ambos sexos según *Dhat4* es de 86.59 % sin ser el mismo significativo ($p=0.14$), a pesar de que existe cierta discordancia entre los mayores picos de actividad (Figura 3C).

Figura 2

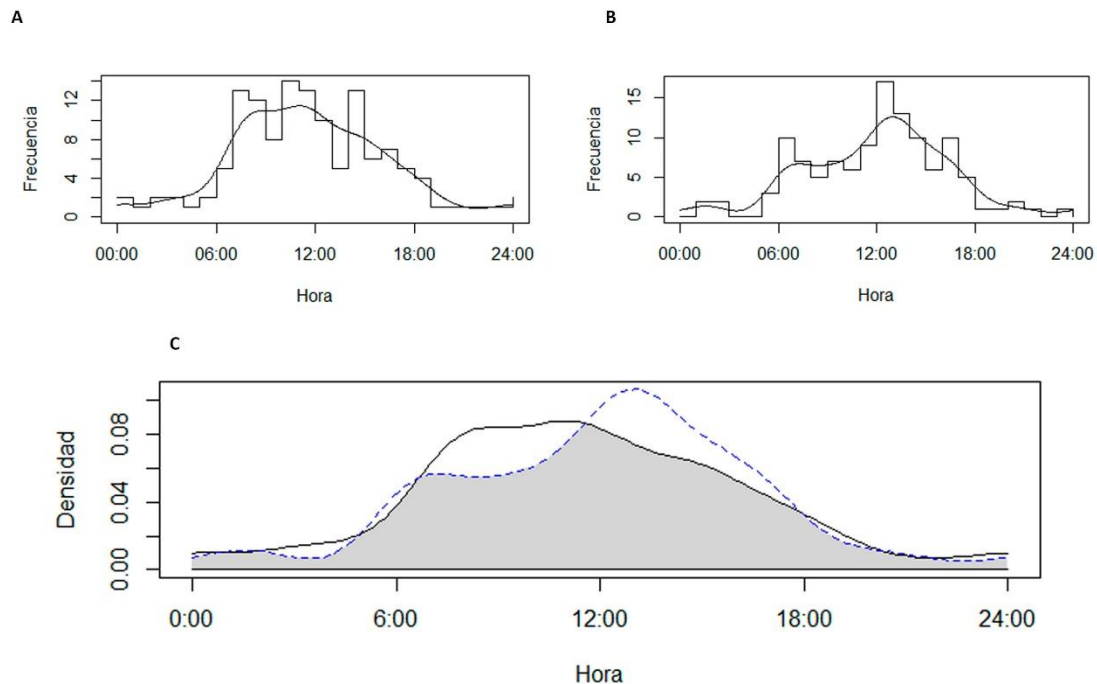
*Patrón diario de actividad de población general de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*



Nota: eje x representa la hora del día. Eje y la frecuencia de captura de eventos independientes. n= 435.

Figura 3

*Patrón diario de actividad según el sexo de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*



Nota: A. Actividad hembras (n=118) B. Actividad machos (n=130). C. Gráfica de densidad de kernel comparando actividad de hembras y machos índice de traslape 86.59 %, $p=0.14$. Eje x representa la hora del día. Eje y la frecuencia o densidad de captura de eventos independientes.

6.2. Frecuencia De Visita Semanal

6.2.1. Frecuencia De Visita Semanal De Población General

La FVS (# de registros/(cámaras x día)*100) para la población en general cuenta con una media de 4.59 ± 12.57 registros/(cámaras x día)*100 (Tabla 3). Se observó que la época seca tiene una menor frecuencia de visita (3.41 ± 11.76 registros/(cámaras x día)*100), aumentando en el periodo de época lluviosa (5.72 ± 13.21 registros/(cámaras x día)*100) a finales de junio, principios de julio siendo esta diferencia significativa (U de *Mann-Whitney*, $p=0.0194$), es decir, los venados cola blanca visitaron con mayor frecuencia las aguadas durante la época lluviosa (Figura 4).

Tabla 3

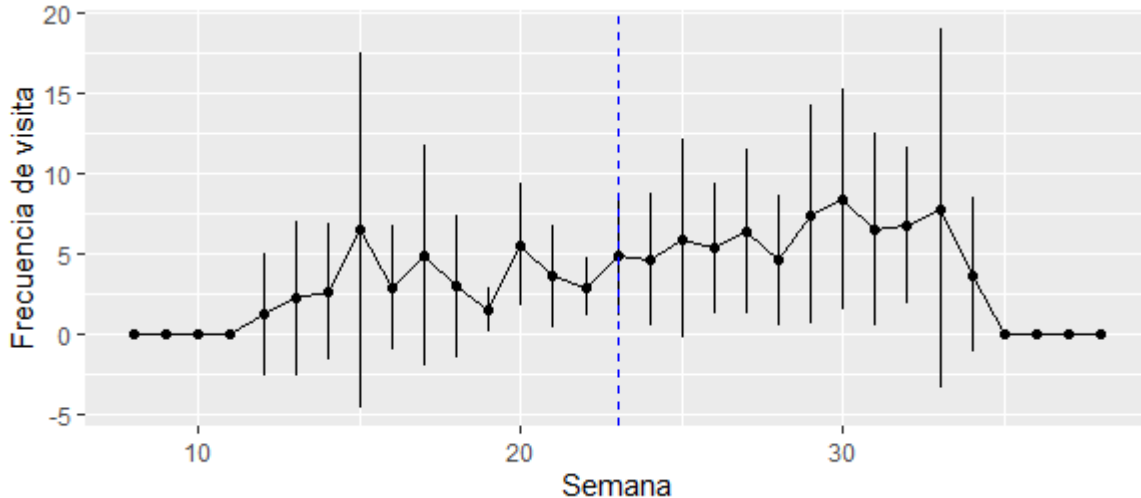
Frecuencia de visita semanal por aguada y por año de población general de Odocoileus virginianus en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019

Aguada	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
A1	^A 6.67 ±8.78		0					4±7.49
A2				^B 21.79±2 1.42	^A 23.57±33.83	4.33±10.5 3	8.16±15.56	^A 16.1±24.81
A3				0.84±3.46	0.71±3.19	0	2.57±5.79	1.19±4.06
A4				0.89±1.92	0	1.43±4.0	0	0.56±2.19
A5		0	0	0.97±1.97	0	1.79±3.84	0.57±2.86	0.53±2.13
A6				0.22±1.02	0	0	4.76±10.23	0.82±4.37
A7				^A 27.10±2 5.42	11.25±17.55	1.9±3.01	^A 10.96±8.22	^A 13.95±19.36
A8	1.10 ±3.96	0.87±2.8 7	0	^A 14.55±9. 94	4.82±13.82	1.43±2.96	2.64±4.63	^A 4.61±9.36
Total	1.94 ±5.46	0.43±2.0 3	0	^A 9.47±16. 74	5.85±17.26	1.42±4.37	3.75±8.29	4.59±12.57

Nota: Significancia evaluada con prueba post-hoc de comparaciones pareadas múltiples de *Dunn-Bonferroni* para valores no-paramétricos ($p < 0.01$). Las comparaciones se realizaron entre el total de los años, el total de las aguadas y el total de aguada por año. Datos de FVS (#registros*100/(cámara x día)) expresados como media ± desviación estándar. ^AValores con el mayor número de diferencias significativas entre grupos. ^BValores con el segundo mayor número de diferencias significativas entre grupos.

Figura 4

Promedios de Frecuencia de visita semanal de población general de Odocoileus virginianus en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019

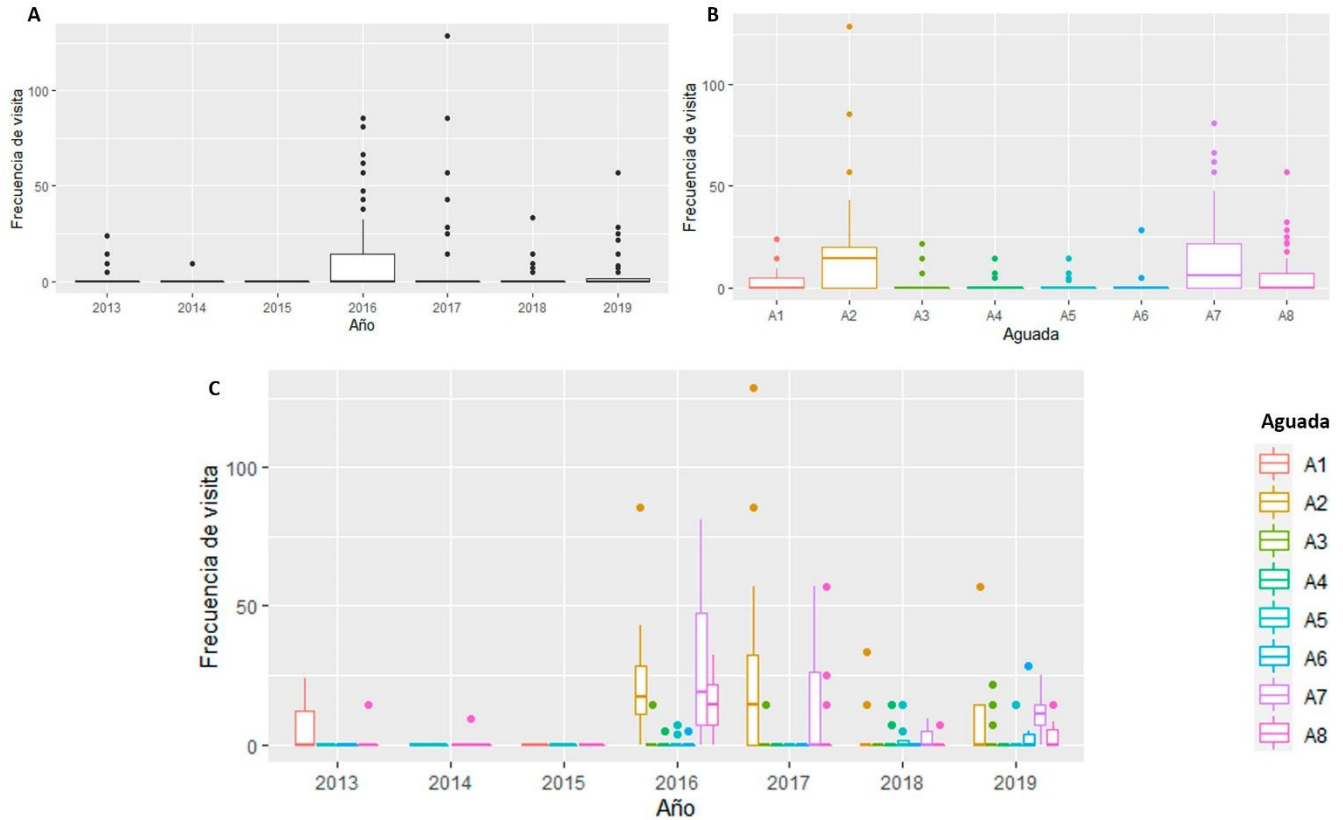


Nota: eje x representa semana ISO del año. Eje y FVS ($\#$ de registros/(cámaras x día)*100). Puntos hacen referencia a la media por semana, barras representan la desviación. Línea azul delimita el inicio de la época lluviosa. $n = 435$.

La FVS muestra algunos patrones al analizarse por año y por aguada (Figura 5). Las aguadas por año muestran una tendencia a aumentar en el año 2016 y 2017, disminuyendo en años posteriores. En lo que respecta a las aguadas se observó que la aguada A2 y A7 presentaron valores de frecuencia mayores y las aguadas A3-A6 presentaron valores bastante bajos, es decir, el venado cola blanca tendió a visitar más las primeras dos aguadas mencionadas y caso contrario las que le siguen. Esto se puede constatar en la tabla 3 donde se observó que las aguadas A2, A7 y A8 son diferentes significativamente con respecto al resto, siendo las de mayor visitación, al igual que el año 2016 mostró diferencia significativa con respecto a los otros años.

Figura 5

*Frecuencia de visita semanal de población general de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*



Nota: A. Frecuencia de vista semanal por año. B. Frecuencia de visita semanal por aguada. C. Frecuencia de visita semanal de aguada por año. n=435. Eje x muestra variables categóricas, ya sea año o aguada. Eje y muestra FVS (# de registros/(cámaras x día)*100).

6.2.2. Frecuencia De Visita Semanal Según El Sexo

La FVS mostró una diferencia significativa entre sexos (U de *Mann-Whitney*, $p = 0.04242$), los machos presentan una mayor FVS que las hembras (Hembras= 1.24 ± 4.82 , machos= 1.83 ± 6.21) (Tabla 4 y 5).

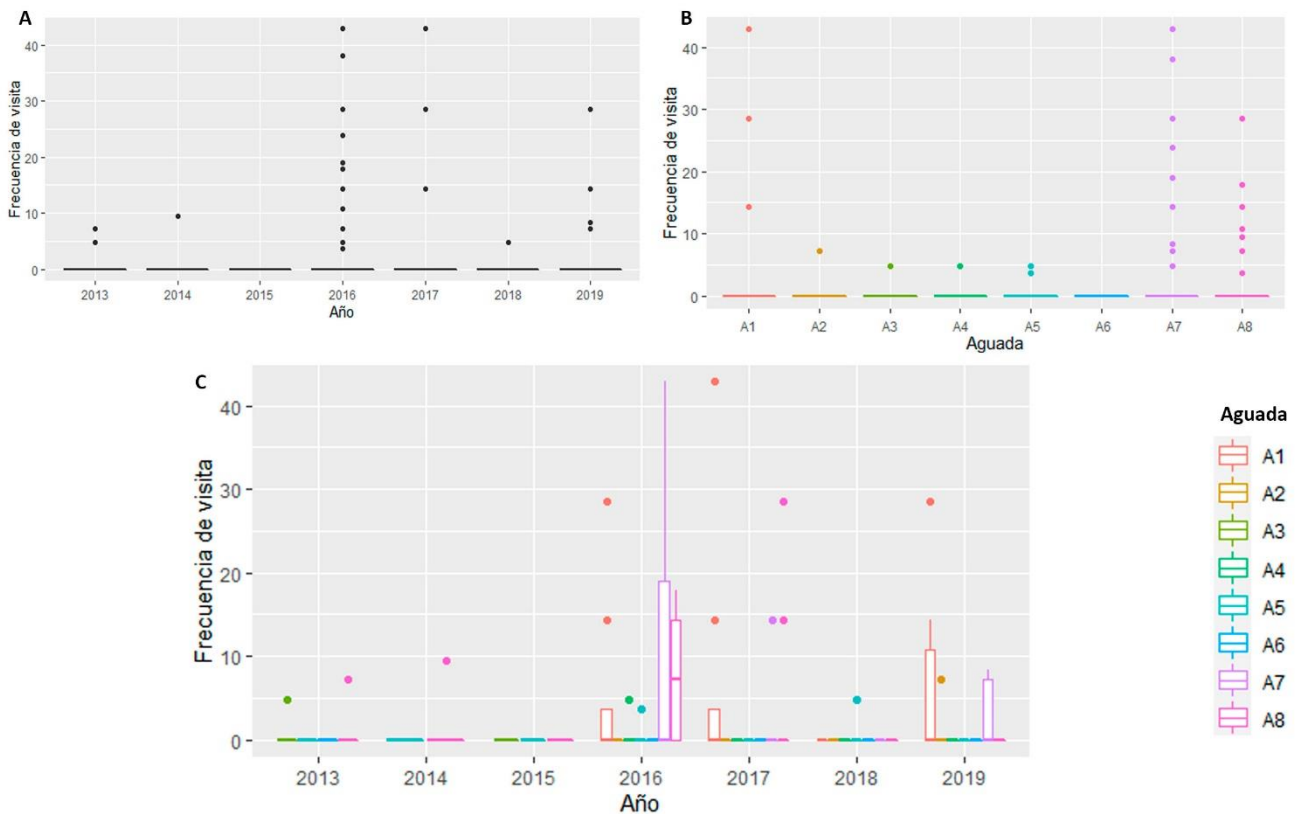
Para ambos sexos el año 2016 tuvo un aumento de FVS, sin embargo, solo para las hembras el año 2016 fue diferente significativamente (Figura 6a y 7a, tabla 4). Las aguadas A2 y A7 mostraron

diferencias significativas para ambos sexos, presentando ambas los valores más altos de visitación y exclusivamente para las hembras la aguada A5 también mostró diferencias significativas, aunque presentara un valor bajo de visitación (Tabla 4 y 5). La aguada A8 en 2016 y A7 en 2019 presentan diferencias significativas para hembras siendo de los valores más altos de visitación para cada año respectivamente (Figura 6c, Tabla 4). Para los machos, la aguada A2 en 2016 y 2017 y A7 en 2016 presentaron diferencias significativas, siendo las aguadas con los valores más altos para cada año (Figura 7c, Tabla 5).

6.2.2.1. Frecuencia De Visita Semanal De Hembras

Figura 6

*Frecuencia de visita semanal de hembras de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*



Nota: A. Frecuencia de visita semanal por año. B. Frecuencia de visita semanal por aguada. C. Frecuencia de visita semanal de aguada por año. n=118. Eje x muestra variables categóricas, ya sea año o aguada. Eje y muestra FVS (# de registros/(cámaras x día)*100).

Tabla 4

*Frecuencia visita semanal por aguada y por año de hembras de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*

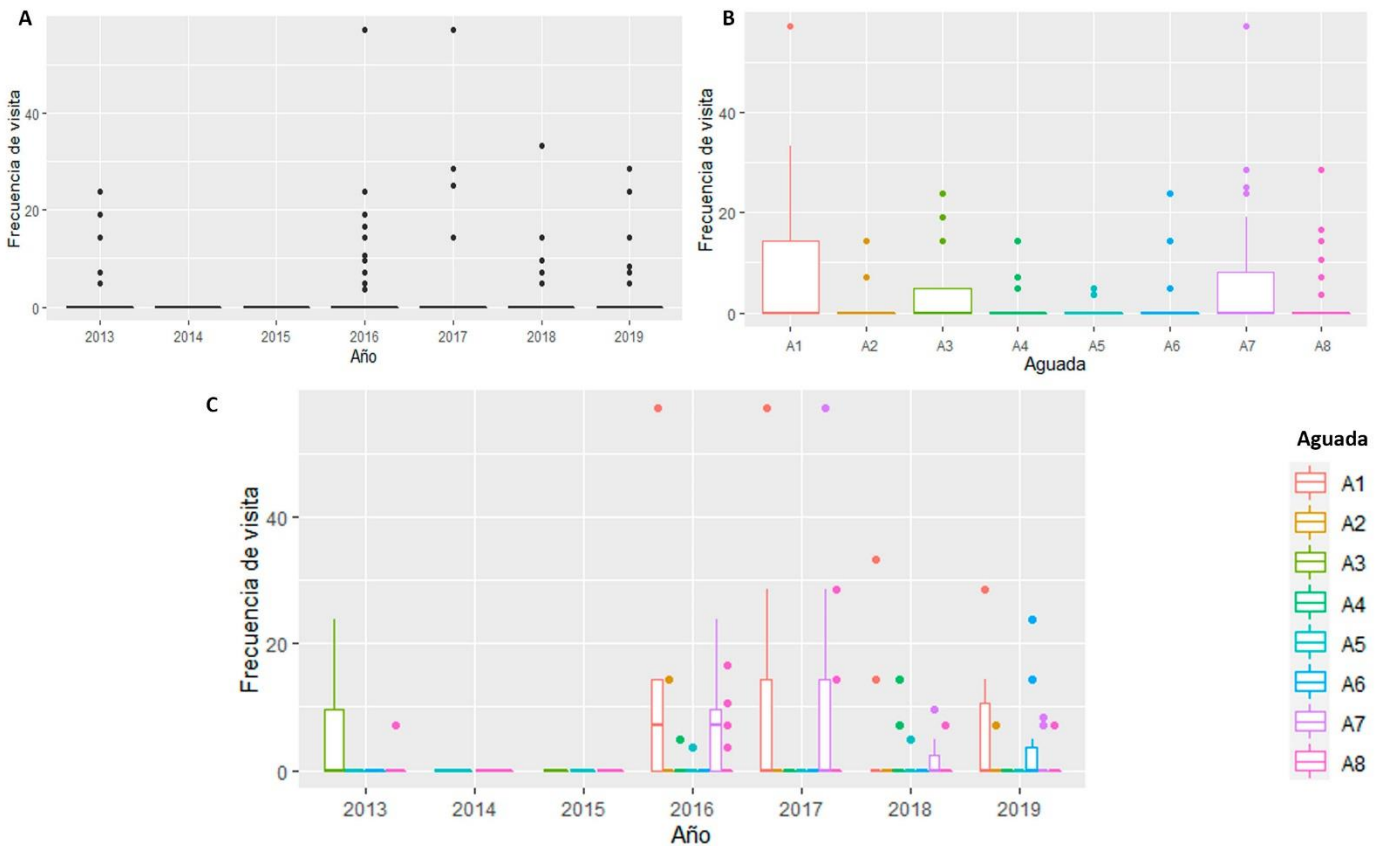
Aguada	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
A1	0.63±1.68		0					0.38±1.32
A2				4.46±8.60	5±10.65	0	5.10±9.05	^A 3.98±8.70
A3				0	0	0	0.57±1.98	0.18±1.14
A4				0.30±1.19	0	0	0	0.07±0.60
A5	0	0	0	0.16±0.76	0	0.60±1.63	0	^B 0.11±0.69
A6	0			0	0	0	0	0
A7				9.75±13.84	0.71±3.19	0	^A 3.15±3.78	^A 3.76±8.82
A8	0.55±1.98	0.87±2.87	0	^A 7.14±6.29	2.14±6.99	0	0	2.00±5.00
Total	0.28±1.26	0.43±2.03	0	^A 3.22±7.61	1.14±5.20	0.09±0.66	1.08±3.80	1.24±4.82

Nota: Significancia evaluada con prueba post-hoc de comparaciones pareadas múltiples de *Dunn-Bonferroni* para valores no-paramétricos ($p < 0.01$). Las comparaciones se realizaron entre el total de los años, el total de las aguadas y el total de aguada por año. Datos de FVS (#registros*100/(cámara x día)) expresados como media \pm desviación estándar. ^AValores con el mayor número de diferencias significativas entre grupos. ^BValores con el segundo mayor número de diferencias significativas entre grupos.

6.2.2.2. Frecuencia De Visita Semanal De Machos

Figura 7

*Frecuencia de visita semanal de machos de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*



Nota: . A. Frecuencia de visita semanal por año. B. Frecuencia de visita semanal por aguada. C. Frecuencia de visita semanal de aguada por año. n=130. Eje x muestra variables categóricas, ya sea año o aguada. Eje y muestra FVS (# de registros/(cámaras x día)*100).

Tabla 5

*Frecuencia de visita semanal por aguada y por año de machos de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*

Aguada	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
A1	^A 5.71±8.09		0					3.43±6.81
A2				^B 9.82±14.49	^A 8.57±14.21	4.33±10.53	5.10±9.05	^A 7.33±12.56
A3				0.84±3.46	0	0	0.57±1.98	0.37±1.96
A4				0.30±1.19	0	1.43±4.00	0	0.41±2.06
A5		0	0	0.16±0.76	0	0.60±1.63	0	0.11±0.69
A6				0	0	0	3.40±7.09	0.55±3.03
A7				^A 6.69±7.13	8.39±15.43	1.59±2.94	1.11±2.82	^A 4.97±9.66
A8	0.55±1.98		0	1.98±4.40	2.14±6.99	0.95±2.51	0.51±1.91	1.08±3.89
Total	1.57±4.75	0	0	2.68±6.90	2.77±9.04	1.12±4.12	1.30±4.41	1.83±6.21

Nota: Significancia evaluada con prueba post-hoc de comparaciones pareadas múltiples de *Dunn-Bonferroni* para valores no paramétricos ($p < 0.01$). Las comparaciones se realizaron entre el total de los años, el total de las aguadas y el total de aguada por año. Datos de FVS (#registros*100/(cámara x día)) expresados como media \pm desviación estándar. ^AValores con el mayor número de diferencias significativas entre grupos. ^BValores con el segundo mayor número de diferencias significativas entre grupos.

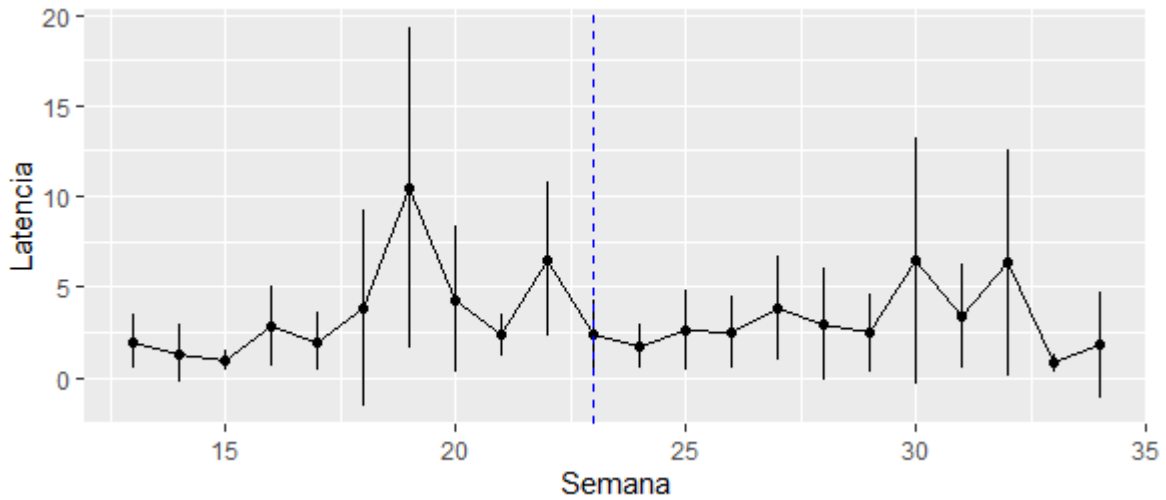
6.3. Latencia De Visita Semanal

6.3.1. Latencia De Visita Semanal De Población General

Con respecto a la LVS se observó que la media para la población general es de 3.27 ± 7.47 días (Tabla 6) y esta presenta diferencias significativas entre época seca y época lluviosa (U de *Mann-Whitney*, $p = 0.0001512$). En la figura 8 se observó que en época seca se presentaron los valores más altos de latencia, mientras que en época lluviosa disminuyen. La media en época seca es de 3.71 ± 6.08 días y en la época lluviosa es de 3.10 ± 7.93 días, es decir, los venados cola blanca tienen mayor tiempo sin registro en época seca, que en época lluviosa.

Figura 8

*Latencia de visita semanal de población general de *Odocoileus virginianus* en aguadas del BPNDL durante los años 2013-2019*

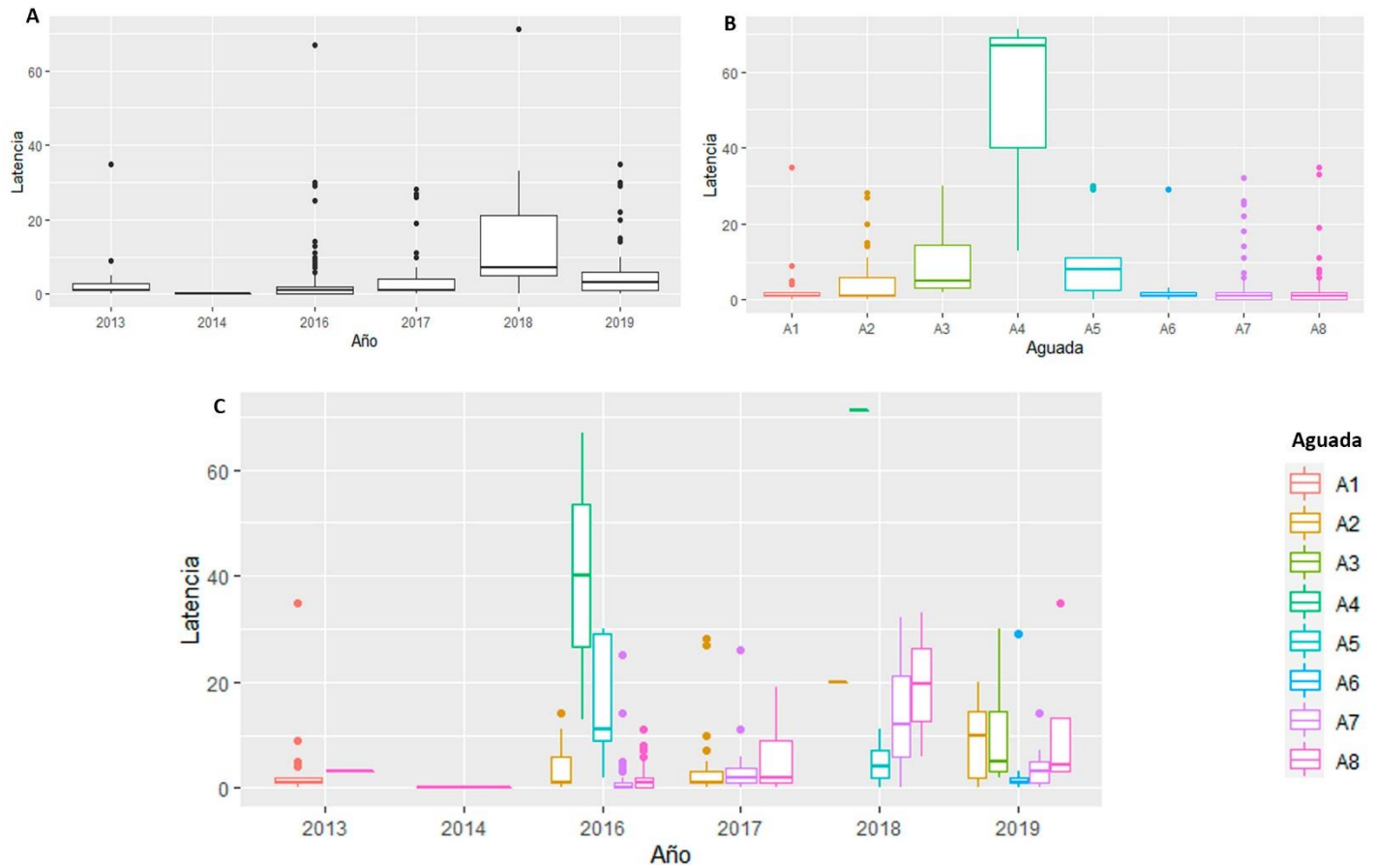


Nota: eje x semana ISO del año, eje y LVS. Puntos hacen referencia a la media por semana, barras representan la desviación. Línea azul delimita el inicio de la época lluviosa.

En la Figura 9A se observa una tendencia a aumentar la latencia a partir del año 2016, llegando a su máximo en 2018 y volviendo a disminuir en el año 2019. Con respecto a las aguadas (Figura 9B), las aguadas A3, A4 y A5 mostraron la mayor latencia, las únicas aguadas que muestran diferencias significativas son la aguada A7 y A8 por tener los menores valores de latencia, siendo el año 2016 el que mostró también diferencias significativas para estas dos aguadas (Tabla 6). Por último, la figura 9C muestra nuevamente el patrón donde la latencia aumenta llegando a su pico en el 2018 y disminuyendo nuevamente en el 2019.

Figura 9

Latencia de visita semanal de Odocoileus virginianus en aguadas del BPNDL durante los años 2013-2019



Nota: A. Latencia de visita semanal por año. B. Latencia de visita semanal por aguada. C. Latencia de visita semanal de aguada por año. n=435. Eje x muestra variables categóricas, ya sea año o aguada. Eje y muestra LVS.

Tabla 6

Latencia de visita semanal por aguada y por año de Odocoileus virginianus en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019

Aguada	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
A1	3.6±7.70							3.6±7.70
A2				3.52±3.98	3.75±6.75	20±0.0	9±7.79	4.51±6.41
A3							10.29±11.10	10.29±11.10
A4				40±38.18		71±0.0		50.33±32.39
A5				16.2±12.60		4.8±4.32		10.5±10.72
A6							3.31±7.76	3.31±7.76
A7				^A 1.14±2.79	4.43±6.82	14±12.07	3.85±3.22	^A 2.29±4.78
A8	3±0.0	0		^B 1.67±2.08	5.83±7.6	19.5±19.09	11.75±15.56	^B 2.73±5.43
Total	3.57±7.51	0		^A 2.25±5.86	4.17±6.76	15.87±18.68	5.92±8.07	3.27±7.46

Nota: Significancia evaluada con prueba post-hoc de comparaciones pareadas múltiples de *Dunn-Bonferroni* para valores no paramétricos ($p < 0.01$). Las comparaciones se realizaron entre el total de los años, el total de las aguadas y el total de aguada por año. Datos de LVS en días expresados como media \pm desviación estándar. ^A Valores con el mayor número de diferencias significativas entre grupos. ^B Valores con el segundo mayor número de diferencias significativas entre grupos.

6.3.2. Latencia De Visita Semanal Según El Sexo

Las medias de LVS según el sexo muestra diferencias significativas (*U Mann-Whitney*, $p = 0.0278$) (Tabla 7 y 8), los machos presentaron una mayor latencia con respecto a las hembras (Hembras= 2.79±7.84, Machos= 4.19±7.52), es decir, existe un mayor lapso de tiempo sin registros en machos que en hembras.

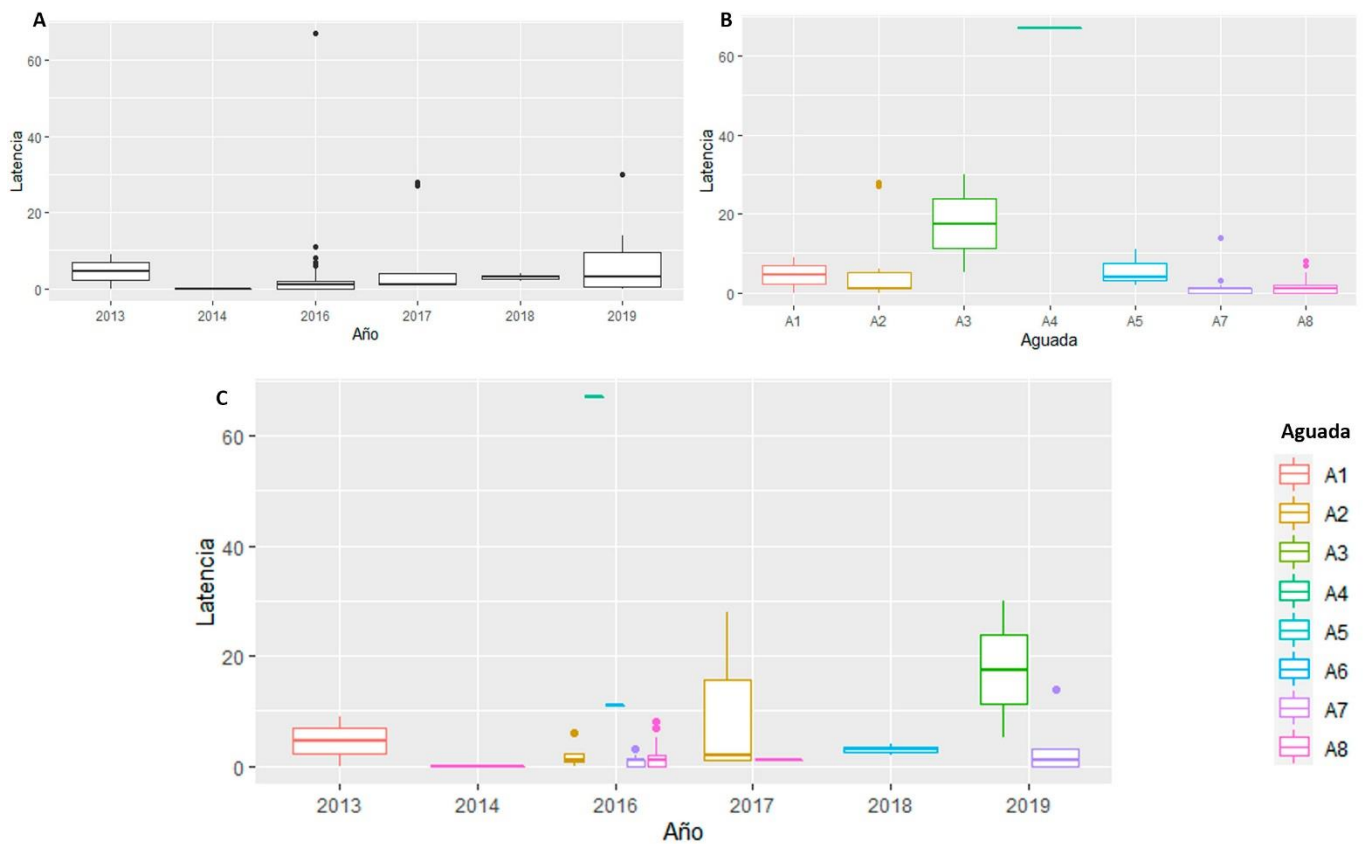
El análisis de LVS de comparaciones múltiples de *Kruskal-Wallis* muestra diferencias significativas para hembras; sin embargo, en la prueba *post hoc de Dunn-Bonferroni* no se obtuvo diferencia significativa alguna. En el caso de los machos la prueba de *Kruskal-Wallis* no mostró diferencias significativas por lo que no se realizó ninguna prueba de *Dunn-Bonferroni*. Al observar la figura 10A se observa que las hembras tienen una mayor latencia en el año 2019, mientras que los machos (Figura 11A) tienen mayor latencia en el año 2018. Al comparar por aguadas, las hembras y machos (Figura 10B y 11B) tienen mayor latencia en A3 y A5. La figura 10C comparada con la figura 11C se observa que en ambos sexos la latencia es menor en el año 2016, aumenta en 2017 y en 2018

aumenta aún más en machos y disminuye en hembras; no obstante, en hembras en el año 2018 solo se cuenta con registros de un organismo en una sola aguada.

6.3.2.1. Latencia De Visita Semanal De Hembras

Figura 10

*Latencia de visita semanal de hembras de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*



Nota: A. Latencia de visita semanal por año. B. Latencia de visita semanal por aguada. C. Latencia de visita semanal de aguada por año. n=118. Eje x muestra variables categóricas, ya sea año o aguada. Eje y muestra LVS

Tabla 7

Latencia de visita semanal por aguada y por año de hembras de Odocoileus virginianus en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019

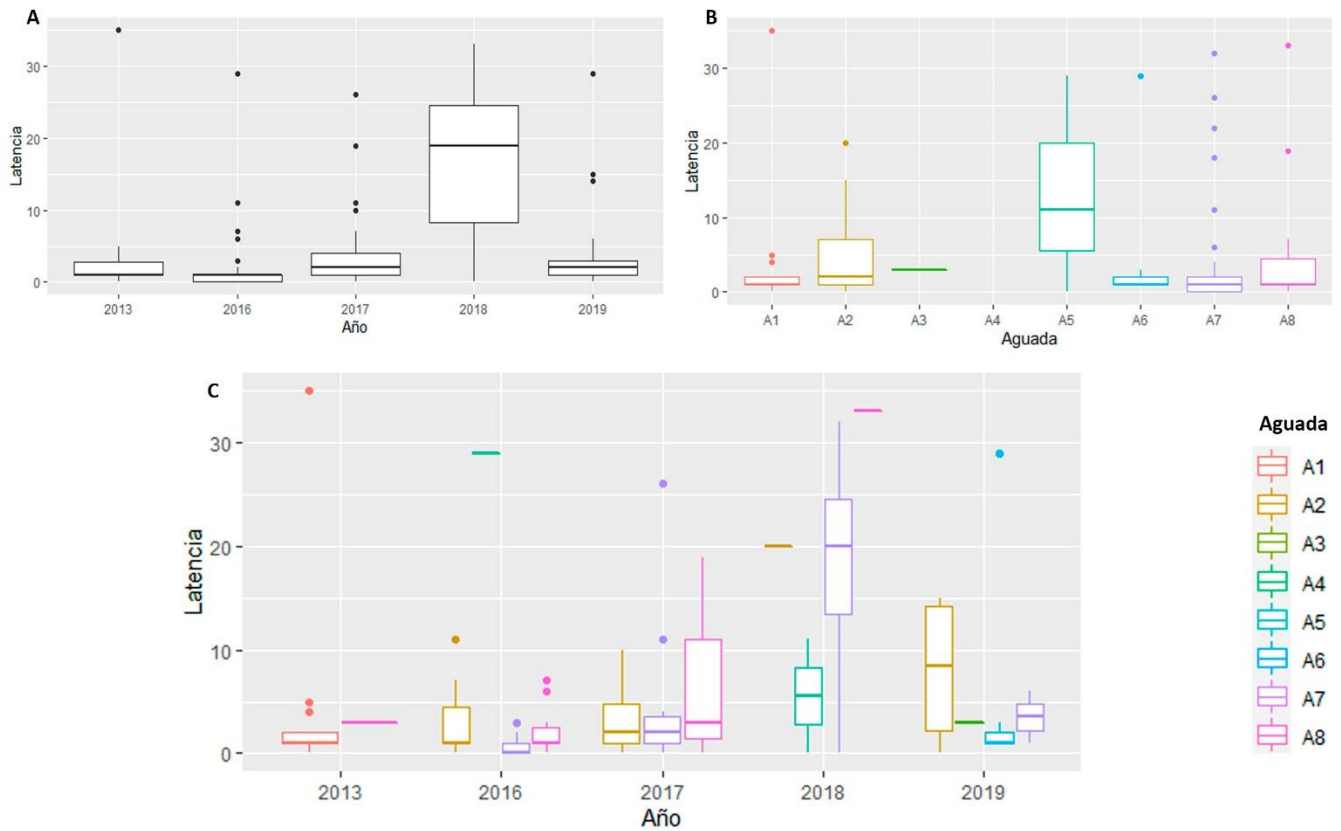
Aguada	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
A1	4.5±6.37							4.5±6.36
A2				2±2.71	9.14±12.59			6.55±10.50
A3							17.5±17.68	17.5±17.68
A4								
A5				11±0.0		3±1.41		5.67±4.73
A6								
A7				0.81±0.98			3.6±5.94	1.10±2.15
A8				1.38±1.72	1±0.0			1.33±1.68
Total	4.5±6.37			1.97±7.12	7.33±11.48	3±1.41	7.57±11.03	2.79±7.84

Nota: Significancia evaluada con prueba post-hoc de comparaciones pareadas múltiples de *Dunn-Bonferroni* para valores no paramétricos ($p < 0.01$). Las comparaciones se realizaron entre el total de los años, el total de las aguadas y el total de aguada por año. Datos de LVS en días expresados como media \pm desviación estándar. No se presentaron valores significativos para prueba *post-hoc* de comparaciones pareadas múltiples de *Dunn-Bonferroni*.

6.3.2.2. Frecuencia De Visita Semanal De Machos

Figura 11

*Latencia de visita semanal de machos de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*



Nota: A. Latencia de visita semanal por año. B. Latencia de visita semanal por aguada. C. Latencia de visita semanal de aguada por año. n=131. Eje x muestra variables categóricas, ya sea año o aguada. Eje y muestra LVS.

Tabla 8

*Latencia de visita semanal por aguada y por año de machos de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*

Aguada	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
A1	3.59±8.22							3.59±8.22
A2				3±3.52	3.33±3.65	20±0.0	8±7.62	4.46±5.36
A3							3±0.0	3±0.0
A4						71±0.0		
A5				29±0.0		5.5±7.78		13.33±14.64
A6							4.56±9.19	4.56±9.19
A7				0.57±0.74	4.73±7.67	18±13.37	3.5±3.54	3.27±7.15
A8	3±0.0			2.1±2.47	7.33±10.21	33±0.0		5.27±9.07
Total	3.56±7.98			1.98±4.50	4.39±6.27	17±12.71	5.06±7.55	4.19±7.52

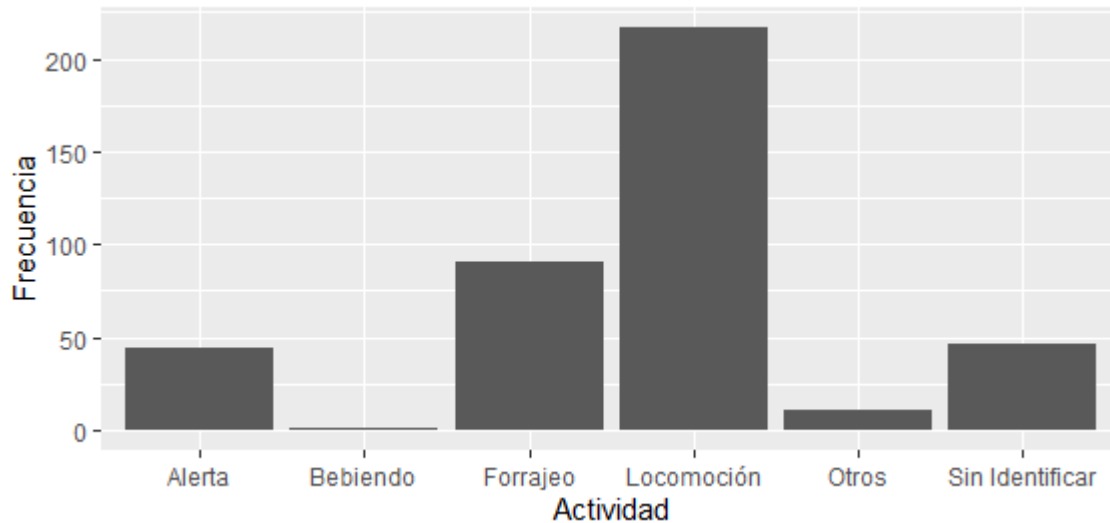
Nota: Significancia evaluada con prueba post-hoc de comparaciones pareadas múltiples de *Dunn-Bonferroni* para valores no-paramétricos ($p < 0.01$). Las comparaciones se realizaron entre el total de los años, el total de las aguadas y el total de aguada por año. Datos de LVS en días expresados como media \pm desviación estándar. No presentó valores de diferencia significativa en prueba de *Kruskal-Wallis*.

6.4. Comportamiento

En la figura 12 se muestra lo referente al comportamiento al momento de visitar las aguadas por parte de los venados cola blanca. Al momento de la foto-captura, la mayoría se encuentran en locomoción, la segunda actividad con mayor frecuencia fue la de forrajeo y la tercera en estado de alerta. Cabe mencionar, que casi en ninguna toma se documentó a venados cola blanca bebiendo, actividad esperada al momento de llegar a los cuerpos de agua. Entre las actividades agrupadas en la categoría “otros” la mayoría se trataban de crías amamantando o parejas en acicalamiento.

Figura 12

Caracterización de comportamiento de Odocoileus virginianus en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019



Nota: eje x muestra el tipo de clasificación de actividad. Eje y muestra frecuencias.

6.5. Relación con Variables Climáticas

Con respecto al PDA, la temperatura promedio presenta una correlación significativa positiva ($r=0.4435$, $p=2.2e-16$), opuesto a la humedad relativa, que también muestra una relación significativa, pero de manera negativa ($r=-0.5610$, $p=2.2e-16$), es decir, los individuos de *O. virginianus* aumentan su actividad conforme aumenta la temperatura durante el día, aunque sobre todo prefieren los horarios con menor humedad, pues presenta una mayor relación con respecto a esta variable (Tabla 9). En la figura 13 se observa que existen dos picos principales de actividad según la temperatura, aproximadamente a los 25.5 y 27.2°C.

La FVS muestra una correlación significativa positiva con la temperatura promedio ($r=0.08338$, $p=0.03935$) (Tabla 9) y muestra diferencia significativa dependiendo de la presencia o ausencia de agua ($p=0.000839$) (Tabla 10), la media de FVS cuando hay ausencia de agua es de 4.946 registros por cámara por día*100, mientras que con presencia de agua la media es de 1.8487 registros por cámara por día*100, es decir, la FVS es mayor significativamente al haber ausencia de agua en las aguadas.

La LVS muestra una correlación significativa positiva con la temperatura promedio ($r= 0.1321$, $p= 0.007364$), mientras que con la humedad relativa promedio ($r= -0.1790$, $p= 0.00026$) y la precipitación acumulada muestra una correlación significativa negativa ($r=-0.40858$, $p= 2.2e-16$) (Tabla 9). Esta variable no mostró significancia ante la presencia o ausencia de agua; sin embargo, la media cuando hay ausencia de agua es de 4.65 días y en presencia es de 2.53 días (Tabla 10).

Tabla 9

*Relación de variables climáticas con patrón diario de actividad, frecuencia de visita semanal y latencia de visita semanal con población general de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*

Variable	PDA	FVS	LVS
Temperatura Promedio	0.4435535	0.08338273	0.1321738
Humedad promedio ppt acumulada	-0.5610443	0.01854338	-0.1790106
		0.07985761	-0.4085864

Nota: Los valores hacen referencia al coeficiente “r” de correlación de Spearman para valores no-normales. Valores en negrilla presentan diferencias significativas.

Tabla 10

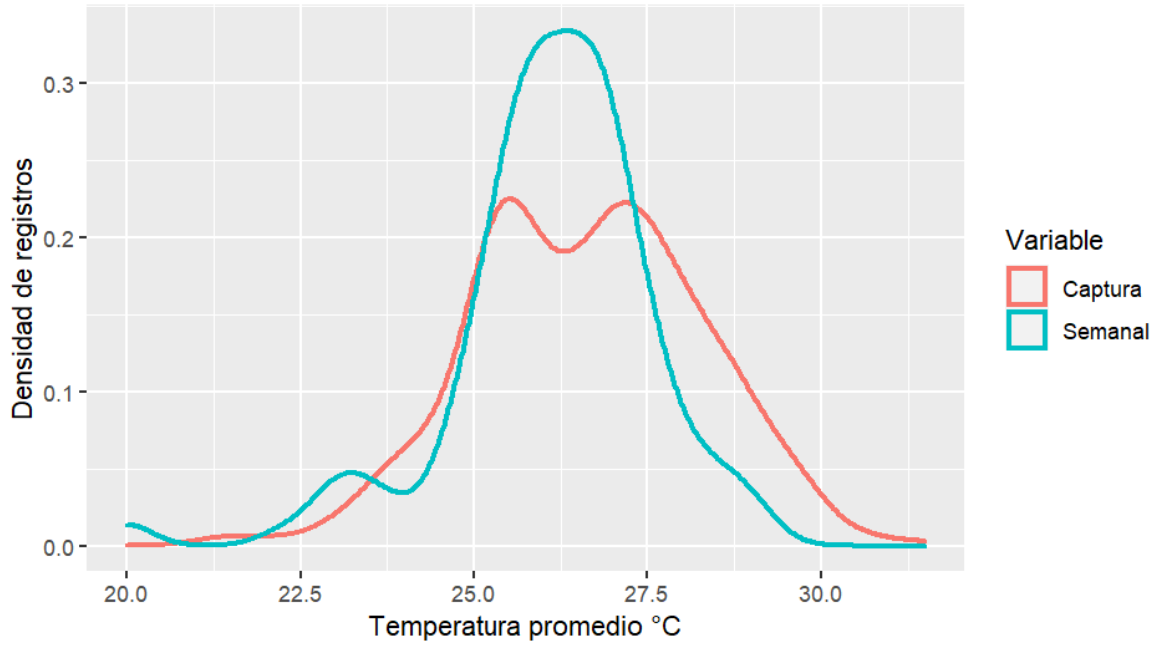
*Relación de presencia/ausencia de agua con frecuencia de visita semanal y latencia de visita semanal de población general de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*

	PDA	FVS	LVS
Presencia de agua		0.000839	0.7964

Nota: los valores hacen referencia al valor de p de prueba de *U de Mann-Whitney* para valores no normales.

Figura 13

*Densidad de registros según temperatura promedio al momento de fotocaptura de población general de *Odocoileus virginianus* en aguadas del Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas durante los años 2013-2019*



Nota: la línea roja representa la temperatura promedio al momento de fotocaptura de la imagen, línea celeste representa la temperatura promedio semanal.

7. Discusión

7.1. Patrón Diario De Actividad

La población general de *O. virginianus* en aguadas del BPNDL, presentó un pico de actividad cercano al medio día (figura 2), Gonzalez (2015) mostró que el pico de actividad suele ser por la tarde, a las 15:00h, ambos estudios muestran congruencia con la poca o nula actividad durante la noche. En el centro de México también se reporta que los horarios de mayor actividad para la especie se encuentran entre las 10:00-12:00 y de 16:00-18:00 horas (Soria-Díaz y Monroy-Vilchis, 2015). En latitudes más altas los picos de actividad suelen ser al amanecer, alrededor de las 6:00 o al atardecer a las 18:00 horas (Higdon *et al.*, 2019).

Como se observa en la figura 3C, existe un traslape considerable entre sexos. Las hembras tienden a ser más activas por la mañana-mediodía (figura 3A), mientras que los machos tienen mayor actividad por la tarde (figura 3B). A pesar de no ser significativo, esto puede ser una estrategia de partición de nichos de manera temporal entre machos y hembras, pues de esa forma existe una mejor utilización del recurso para los organismos de la especie (Beier y McCullough, 1990). De acuerdo con Beier y McCullough (1990) las hembras incrementan su actividad en estado de embarazo y post-embarazo, las mismas necesitan un mayor tiempo de forrajeo, ya que requieren completar su requerimiento energético, esto conlleva a que tengan que moverse más y pasen más horas del día realizando dicha actividad (Higdon *et al.*, 2019; Webb *et al.*, 2010).

7.2. Frecuencia De Visita Semanal

En este estudio se obtuvo una menor FVS ($4.59 \text{ registros} \cdot 100 / (\text{cámara} \times \text{día})$) comparado con un estudio realizado en aguadas en el centro de la península de Yucatán en la reserva *Bala'an K'aax* (aproximadamente $8.9 \text{ registros} \cdot 100 / (\text{cámara} \times \text{día})$), pero un FVS mayor a un estudio realizado en el área de Bienes Comunes de San Gabriel Casa Blanca en el estado de Oaxaca con un FVS de ($4.14 \text{ registros} \cdot 100 / (\text{cámara} \times \text{día})$) (Delgado-Martínez *et al.*, 2018; Salvador Mandujano y Hernandez, 2019). Estas diferencias pueden deberse a que en Yucatán se analizaron aguadas con vegetación natural alemana, mientras que en Oaxaca se analizaban bebederos artificiales.

Gallina-Tessaro (2019) mostró la importancia de cuerpos de agua superficiales, para distintos organismos, como el venado cola blanca. En la figura 4 se observa que el venado cola blanca aumenta su FVS en época lluviosa, esto es contrario a la hipótesis planteada, pues se esperaría que recurra más a las aguadas cuando escasea el agua. Puede ser que el venado cola blanca complete su ingesta diaria de agua (53-119 ml por kg) obteniendo este vital recurso de sus actividades de forrajeo, lo que implicaría que el mismo no necesita acudir constantemente a cuerpos de agua para satisfacer esta necesidad (Mandujano y Martínez-Romero, 1997).

Las aguadas tienen mayor evaporación durante época seca, haciendo que exista una mayor concentración de sales disueltas que pueden alterar el pH, esto puede causar problemas estomacales como diarrea y acidosis a los venados cola blanca (Webb *et al.*, 2006), por ende, esperar a que las sales se disuelvan en una mayor cantidad de agua al momento de las lluvias podría ser una estrategia que evite dichos problemas.

Otra razón podría ser que al momento de haber menos agua, los venados cola blanca tienden a disminuir su movilización, reduciendo su rango de hogar, y así visitando menos a las aguadas en época seca, pero aumentando durante la época lluviosa (Webb y Hewitt, 2007).

Al comparar FVS según los sexos, se deben de tener algunas consideraciones. Los organismos de mayor tamaño tienden a tener mayor probabilidad de detección, pues estos ocupan un área mayor dentro de la zona de detectabilidad de las cámaras trampa, esto hace que la diferencia entre la temperatura corporal superficial y la temperatura superficial del entorno sea de mayor contraste (Anile y Devillard, 2016) a esto puede atribuirse el hecho de que los venados cola blanca machos tuvieran una diferencia significativa de FVS en las aguadas ya que estos llegan a tener un peso aproximado de 80 kg mientras que las hembras solo llegan a los 60 kg (Green *et al.*, 2017; Randler y Kalb, 2018).

Las aguadas A2 y A7 son las que presentan mayor FVS para ambos sexos (tabla 3), esto puede deberse a que, como menciona García (2018), que realizó un análisis de disponibilidad de aguadas y microclimas en el sitio de estudio, la aguada A7 presente valores menores de humedad relativa y mayores de temperatura con respecto a las otras, a su vez, esta aguada es considerada un bosque

inundable bajo donde el bosque no supera más de 30m de altura y existe gran cantidad de gramíneas alrededor (González, 2015). Esto hace que contenga vegetación ideal para consumo por parte del venado cola blanca, pues se ha observado que el mismo prefiere consumir arbustos y gramíneas antes que árboles (Aguilera-Reyes *et al.*, 2012; Serna, 2012). Se desconocen las características de humedad relativa y temperatura de A2 al momento de haberse realizado este estudio, aunque se presume pueden ser similares a A7.

Para las hembras, la aguada A5 presentó diferencias significativas (tabla 4), la misma es un bosque con vegetación alta, las hembras tienden a ser más afectadas por las temperaturas que los machos, entonces estas trataran de buscar cobertura forestal densa que prevenga de recibir directamente los rayos de sol (Wiemers *et al.*, 2014). La aguada A8 muestra diferencias significativas exclusivamente para las hembras en el año 2016, esta presenta el mismo caso que la aguada A7 donde presenta las temperaturas más altas y menor humedad entre todas las aguadas. Caso similar con los machos que, al igual que la población general, presentaron valores significativos para la aguada A2 y A7 en los años 2016 y 2017 (García *et al.*, 2018).

En el estudio realizado en Bienes Comunales de San Gabriel Casa Blanca, Oaxaca en un periodo similar (2014-2018) se utilizaron bebederos artificiales de donde se determinó que el año de mayor frecuencia de visita del venado cola blanca fue el 2018 (Mandujano y Hernandez, 2019), en el presente estudio, el año con mayores valores de visita fue el 2016, siendo significativo para la población en general y para las hembras, además de ser el segundo año con mayor valor de visita para machos. Este patrón puede deberse a que dicho año mostró la temperatura más alta de todos los años y una cantidad alta de precipitación durante las semanas de muestreo, caso contrario pudo haber ocurrido en Oaxaca, pues las condiciones climáticas podrían ser distintas en dicha área.

7.3. Latencia De Visita Semanal

Sandoval (2020) encontró que los tapires tienen una menor LVS en época seca, es decir, visitan constantemente las aguadas durante este periodo, probablemente porque hay escases de agua por la falta de lluvia. Para el venado cola blanca el patrón es opuesto (figura 8) presentando valores mayores de latencia en época seca y viceversa para la época lluviosa.

La presencia de agua en aguadas para los venados cola blanca no parece ser la característica más importante que defina la visita de los individuos a los cuerpos de agua, más bien, parece ser la búsqueda de alimento alrededor de los mismos, lo que muestra una mayor atracción (García y Radachowsky, 2004; González, 2015). Los venados cola blanca, al existir un estrés térmico en el ambiente y carencia de agua, suelen disminuir su ingesta y por ende, su peso corporal, esto puede ser una estrategia de la especie disminuyendo también su metabolismo y actividad ante la desecación (Lautier *et al.*, 2016). Esto es congruente con el límite superior de termorregulación de los venados cola blanca la cual es alrededor de los 30°C (Lautier *et al.*, 2016), arriba de esta temperatura se ve una disminución en la actividad de estos organismos (figura 13). Este escenario es preocupante en el contexto del acelerado cambio climático, debido a que puede causar vulnerabilidad en la especie en el futuro, ya que se espera menor cantidad de precipitación en la época lluviosa para la península de Yucatán y en específico para la parte noreste de la RBM (Pons *et al.*, 2018; Madero *et al.*, 2012).

El patrón de LVS, según los años, muestra que el 2018 tiene la mayor latencia, este año presentó solo 32.6 mm de lluvia durante el periodo de muestreo, es decir, entre menor cantidad de lluvia más se tardan en regresar a las aguadas. Al igual que para la FVS, la LVS muestra diferencias significativas en las aguadas A7 y A8. Ambas aguadas son de bosque “bajo” donde los árboles no son mayores a 30 m y la cobertura herbácea es densa lo cual puede indicar que los venados cola blanca buscan comida en el área circundante a los cuerpos de agua y explicaría el hecho de que no exista mayor diferencia entre época seca y lluviosa (García *et al.*, 2018).

En el caso de la aguada A5 que presenta valores altos de LVS, la misma es clasificada como bosque alto (González, 2015), esto implica que existe menor cantidad de retoños jóvenes de los que el venado cola blanca se alimenta, probablemente este sea el caso también de la aguada A3 y A4, lo que podría explicar el hecho de su mayor LVS. Por ejemplo, en el área de Yucatán en la reserva *Bala'an K'aax* existen unos cuerpos de agua denominados localmente “sartenejas” las mismas son pequeños conjuntos de grietas o huecos que se llenan de agua, tienen la particularidad que usualmente cuentan con un bosque alto con alta cobertura, a diferencia de las aguadas que en algunos casos son hondonadas de bosque bajo y menor cobertura del dosel, pues según Delgado

et al. (2018) las aguadas fueron visitadas mucho más que las sartenejas por el venado cola blanca, probablemente por esta diferencia en la vegetación.

A pesar de que no hay diferencias significativas, los años 2018 para machos y 2019 para hembras presentaron los mayores niveles de latencia, pero menor precipitación, lo cual tiene sentido con la relación que existe entre la LVS y la lluvia (Tabla 9). Las aguadas A3 y A5 fueron las de mayor latencia para machos y hembras, como se ha mencionado anteriormente la aguada A5 se considera un bosque de vegetación “alta” hace que el venado cola blanca se encuentre menos interesado en su visita por la menor cantidad de recursos de forrajeo idóneo (García *et al.*, 2018), a su vez la aguada A3 se encuentra cercana al área administrativa con campamento permanente donde residen los guardarecursos del parque, esto puede tener una incidencia en el uso que le da la especie al sitio.

Existe una mayor latencia de visita semanal en machos que en hembras (tabla 7 y 8). Uno de los factores a los cual se podría aducir esta diferencia es que la actividad de “descanso” es la que más realizan los machos durante el día, esto podría incidir en la actividad que presentan diariamente (Gallina y Bello, 2010) de hecho, las hembras presentan una media de 1.5 h más de actividad por día que los machos (Beier y McCullough, 1990). Esto a pesar de que existe mayor demanda energética por parte de los machos, ya que cuentan una mayor tasa metabólica intrínseca a su peso. Además, se debe considerar que los machos tienden a buscar lugares con mayor cantidad de vegetación, aunque de menor calidad, contrario a las hembras que prefieren mayor calidad en sus alimentos (Beier y McCullough, 1990), sería interesante, por ende, comparar en el sitio de estudio diferencias de calidad nutricional de vegetación entre aguadas y pastizales o bosques bajos circundantes.

7.4. Comportamiento

Al observar los resultados de comportamiento en la figura 12 se observa que locomoción presentó la mayor cantidad de capturas con más de 200 eventos independientes. Las cámaras trampa funcionan a través de sensores pasivos infrarrojos (PIR), estos funcionan por medio de reacciones piroelectricas, que no son más que reacciones que suceden cuando algún material es expuesto a una variación de temperatura, causando un cambio en su campo electromagnético y por ende en su voltaje. En el caso de las cámaras, esto sucede en el momento de que existe un diferencial de

temperatura superficial entre un objeto y el entorno (Welbourne *et al.*, 2016). Las cámaras, dentro de su zona de captura, se dividen en una cierta cantidad de sectores dependiendo de la cantidad de sensores piroelectricos que posean, para que se active la captura de una imagen el organismo debe pasar de un sector a otro, pues esto crea un diferencial de voltaje (Apps y McNutt, 2018), probablemente a esto se deba el hecho de que la mayor actividad documentada fue la que presentaba mayor movimiento por parte de los organismos, mientras que actividades como: forrajeo, alerta y bebiendo no representaban mayor activación de sensores.

Cabe resaltar que la segunda actividad predominante fue la de forrajeo, a pesar de que las otras dos actividades (alerta y bebiendo) representan poca activación de sensores piroelectricos. Esto puede deberse a que, como otros autores han informado, los venados cola blanca buscan alimento en las aguadas, pues prefieren boques de vegetación secundaria, como selvas bajas o inundables, pues en estas existe vegetación tierna donde pueden encontrar alimento con mayor facilidad (González, 2015; Reyna-Hurtado y Tanner, 2005).

En el estado de alerta existe un mayor consumo de energía y poca ingesta, pues el tiempo que se dedica para forrajeo o descanso se utiliza en las actividades de antipredación (Gaynor *et al.*, 2018), era de esperar por ende que esta actividad fuera al menos no mayor a la de forrajeo. Según Gaitán *et al.* (2021) los jaguares tienen una frecuencia de visita a aguadas de 1.31 registros*(100/(cámara x día)) aproximadamente un 25% del FV de venados cola blanca, por ende se esperaría que con este predador no exista gran cantidad de co-ocurrencias. De igual forma, se ha observado que en aguadas secas existe una mayor presencia de puma, ya que este no depende tanto de la presencia de agua y prefiere presas como el venado cola blanca o pecaríes de collar (Sánchez-Pinzón, 2020).

7.5. Relación Con Variables Climáticas

En la tabla 9 se observa que los venados cola blanca prefieren valores de humedad bajos con mayor temperatura; sin embargo, el patrón no parece ser del todo claro en la especie (Beier y McCullough, 1990). La temperatura es un factor importante a considerar cuando se trata de analizar el comportamiento de los cérvidos, se tiene conocimiento de que los mismos eviten las temperaturas más altas buscando refugio bajo el dosel o bien descansando en algún lugar fresco (Wiemers *et al.*,

2014). Esto es congruente con los resultados para PDA, FVS y LVS (tabla 9) pues se observa que a temperaturas mayores de 27°C (figura 13) la actividad tiende a disminuir, ya que el límite de termorregulación del venado cola blanca es a los 30°C e inicia a perder agua por transpiración (Gallina y Bello, 2010), de igual forma se corrobora el umbral de registros descrito por García *et al.* (2016) donde la mayoría de especies muestran registros a los 25°C. En el estudio de de Piña y Trejo (2014) muestran que los venados cola blanca prefieren temperaturas menores y valores altos de humedad, esto puede deberse a la alta plasticidad que presenta la especie y la gran variedad de ecosistemas donde el mismo se puede encontrar (Wiemers *et al.*, 2014).

Con respecto a la precipitación, se observa correlación significativa negativa con LVS (tabla 9), es decir, entre más llueve menor es el periodo sin observaciones en los cuerpos de agua, esto es congruente con la estrategia de forrajeo óptimo, al haber menos agua estos tienden a disminuir su actividad y su tasa metabólica basal, lo que tiene relación también con la menor FVS durante época seca (Gallina y Bello, 2010) o bien podría estar correlacionado al hecho de que están evitando consumir agua con concentraciones de sales altas que podrían ocasionar alguna enfermedad en el futuro (Webb y Hewitt, 2007). Otra razón podría ser que los machos tienden a modificar su rango de hogar dependiendo de la presencia de sitios de forrajeo o hembras en brama que podría ocasionar un aumento de registros (Webb *et al.*, 2010).

La presencia o ausencia de agua en las aguadas refleja un patrón significativo exclusivamente con la FVS ($p= 0.000839$) (tabla 10), aunque es interesante resaltar que existe una mayor FVS y LVS en ausencia de agua. En general, se observa que el agua no es determinante en la presencia o ausencia de venados cola blanca en las aguadas, más bien parece ser que lo determinante es el tipo de vegetación que se puede encontrar a su alrededor, ya sea para para forrajeo, evasión de depredadores o protección de luz solar directa (Delgado-Martínez *et al.*, 2018; González, 2015; Mandujano y Martínez-Romero, 1997).

Todos los resultados de la presente investigación pueden ser utilizados para desarrollar un mejor manejo del BPNDL y de la RBM, pues se conoce que el venado cola blanca no es tan sensible hacia la falta de agua, sin embargo, a pesar de no estar relacionado directamente con esta parece que los mismos encuentran sitios de forrajeo óptimos en las aguadas. Es necesario mantener y mejorar los

esfuerzos de conservación hacia estos elementos de conservación. De igual forma, conocer la FVS da cierto indicio de abundancias relativas en los distintos sitios por lo que este estudio permite priorizar áreas donde existan mayores valores de este parámetro.

Conclusiones

- El patrón de actividad del venado cola blanca parece no mostrar una relación directa con la presencia de agua en las aguadas. Esto es evidente según los siguientes parámetros: la FVS es menor y la LVS es mayor en época seca, es decir, visitan menos y existe un mayor periodo sin detección de organismos cuando el agua escasea en toda el área de estudio; existe una relación negativa significativa entre la LVS y la precipitación acumulada de dos semanas, es decir, entre menos lluvia existe mayor tiempo sin detección de organismos en las aguadas y existe una mayor FVS significativa cuando hay ausencia de agua, es decir, visitan más las aguadas cuando no hay agua en las mismas. Más bien parece existir una preferencia de la especie por realizar actividades de forrajeo en las aguadas, prefiriendo las que presentan bosques bajos inundables ya que cuentan con vegetación ideal para consumo.
- El venado cola blanca parece preferir horas con mayor temperatura, pero menor humedad relativa. Presentó mayores picos de actividad aproximadamente a los 25.5 y 27.2°C., disminuyendo su actividad arriba de esta última temperatura. También mostró una preferencia por las aguadas que cumplían estas condiciones de mayor temperatura y menor humedad relativa coincidiendo estas con ser aguadas de bosque bajo inundable.
- El PDA de la población general de venado cola blanca en aguadas del BPNDL es diurno con picos de actividad al mediodía. A pesar de no ser significativo, al comparar según el sexo las hembras son más activas por la mañana (10:00 a 11:00 h) mientras que los machos presentaron mayor actividad por la tarde (13:00 a 14:00 h).
- La FVS, para la población en general, presentó una media de 4.59 ± 12.57 registros/(cámaras x día)*100, los valores entre época y lluviosa difieren entre si significativamente ($p= 0.0194$) la media en época seca es de 3.41 ± 11.76 registros/(cámaras x día)*100 y en época lluviosa aumenta a 5.72 ± 13.21 registros/(cámaras x día)*100. El análisis entre los sexos mostró una diferencia significativa ($p= 0.04242$) entre machos y hembras, los machos presentan una frecuencia de visita de 1.83 ± 6.21 registros/(cámaras x día)*100 y las hembras de 1.24 ± 4.82 registros/(cámaras x día)*100.

- La LVS presentó una media de 3.27 ± 7.47 días, los valores entre época seca y lluviosa difieren significativamente ($p= 0.0001512$), la media en época seca es de 3.71 ± 6.08 días y de época lluviosa es de 3.10 ± 7.93 días. El análisis según los sexos mostró diferencias significativas ($p= 0.0278$) para las hembras se cuenta con una media de 2.79 ± 7.84 días, mientras que para los machos fue de 4.19 ± 7.52 días.
- El comportamiento con mayor cantidad de registros al momento de que los venados cola blanca en aguadas del BPNDL es el de locomoción, seguido por la actividad de forrajeo, alerta, otros y por último bebiendo.
- El PDA presenta una relación significativa positiva con la temperatura promedio (Spearman, $r= 0.4435$, $p= 2.2e-16$) presentando mayor cantidad de registros en las temperaturas 25.5 y 27.2°C y negativa con la humedad relativa promedio (Spearman, $r= -0.5610$, $p= 2.2e-16$), es decir, existe mayor actividad en las horas donde hay mayor temperatura y menor humedad relativa.
- La FVS presenta una relación significativa positiva con la temperatura (Spearman, $r=0.08338$, $p=0.03935$), es decir entre mayor temperatura, mayor frecuencia de visita. También existe mayor FVS cuando hay ausencia de agua en las aguadas 4.946 registros/(cámaras x día)*100 que en presencia de la misma 1.8487 registros/(cámaras x día)*100 siendo dicha diferencia significativa (U de *Mann-Whitney*, $p= 0.000839$).
- La LVS muestra correlación significativa positiva con la temperatura promedio (Spearman, $r= 0.1321$, $p= 0.007364$), mientras que con la humedad relativa promedio y la precipitación acumulada de dos semanas presenta correlación significativa negativa (Spearman, $r= -0.1790$, $p= 0.00026$) y (Spearman, $r=-0.40858$, $p= 2.2e-16$) respectivamente. Es decir, entre mayor temperatura mayor será el lapso sin registros en las aguadas por parte de los venados cola blanca y entre mayor humedad relativa y mayor precipitación tardarán menos en regresar. Con respecto a la presencia o ausencia de agua en las aguadas no se observó diferencias significativas.

Recomendaciones

- De tener que priorizarse alguna métrica para continuar con el monitoreo de poblaciones de venado cola blanca y aguadas, recomendaría fuese la FV y LV durante todo el año, pues esto permitiría corroborar que no existe un patrón claro de preferencia por el agua de la especie y permitiría dar una orientación en cómo cuidar ambos elementos de conservación.
- Es necesario que exista un estudio exhaustivo sobre los cuerpos de agua presentes en el biotopo, realizando una descripción cualitativa, como cuantitativa del área, utilizando sensores remotos, drones, personal de campo, esto permitiría comprender de mejor forma como los organismos del área utilizan el recurso.
- Se requiere realizar un análisis sobre la dieta del venado cola blanca en el área de estudio, esto permitiría conocer sitios de mayor ocupación y dar elementos para entender mejor las dinámicas poblaciones de la especie.
- Es imprescindible que se continúe con el monitoreo de fauna que realiza el CDC-CECON en el BPNDL utilizando cámaras trampa, esto permitiría obtener más datos sobre crías y juveniles de venado cola blanca y realizar futuros análisis con estos datos.
- Es recomendable evaluar escenarios de cambio climático en el área y cómo los mismos afectarían a los venados cola blanca, pues según otros estudios se esperan sequías en toda el área. Una de las formas en que se podrían analizar estos escenarios es trabajando modelaciones de nicho con distintos algoritmos como GLM o Maxent.
- Las unidades políticas en que se divide la RBM no muestran la realidad de cómo se comportan las poblaciones de venado cola blanca, por ende, el presente estudio debería de replicarse en otras áreas como zonas núcleo, concesiones comunitarias o zonas de usos múltiples para conocer el impacto en cada unidad de manejo.

- Es recomendable que se amplíe el tiempo de muestreo, idealmente durante todo el año, para conocer como varía el comportamiento dentro del mismo, esto permitiría inferir de mejor forma diferencias significativas entre épocas en los años.
- Se debe dar continuidad al monitoreo de aguadas que realiza CDC-CECON en el biotopo, priorizar análisis de microclimas (temperatura, humedad relativa y precipitación) y presencia de agua en las aguadas, utilizando dataloggers y cámaras trampa.
- Se debe mejorar la infraestructura (mejorar calidad de instalaciones de campamento, por ejemplo: crear una casa del investigador), brindar mayor equipo e insumos a los guardarecursos (estos a veces cuentan con equipo, pero por falta de mantenimiento los mismos no se pueden usar ejemplo: cuatrimotos con llantas desinfladas) y brindar capacitaciones a los mismos (ejemplo: capacitación sobre mecánica, uso de cámaras trampa), esto generaría mejores esfuerzos de muestreos de manera constante que permitirían dar a CECON mayor solidez e independencia en cuanto a su gestión del área.
- A pesar de que los cuerpos de agua son un elemento de conservación de la RBM, se conoce poco sobre las aguadas, es necesario mapear, describir vegetación circundante, cuantificar cantidad de agua en las mismas y conocer su dinámica durante el año.
- Es necesario que se realice un análisis comparativo en el sitio de estudio sobre diferencias de calidad nutricional de vegetación entre aguadas y pastizales o bosques bajos circundantes, para conocer si existe una ventaja nutricional entre estos sitios para el venado cola blanca.

Referencias

- Aguilera-Reyes, U., Sánchez-Cordero, V., Ramírez-Pulido, J., Monroy-Vilchis, O., García, G. y Janczur, M. (2012). Hábitos alimentarios del venado cola blanca *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) en el Parque Natural Sierra Nachititla, Estado de México. *Revista de Biología Tropical*, 61 (1): 243-253.
- Albuja, L. H. (2007). Biología y ecología del venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus* ustus Gray, 1874) en un sector de páramo de Oyacachi-Papallacta y antisana, Ecuador. *Politécnica*, 27(4), 34–57.
- Álvarez-Robles, E., Fuentes-Rousselin, H., Meoño-Sánchez, E., Recinos-Donis, R., Figueroa, L. y Guerra-Centeno, D. (2018). Preliminary study of external parasites of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) from the natural reserve of the Parachute Brigade, San José, Escuintla Guatemala. *Revista Electronica de Veterinaria*, 19(5). Recuperado de: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050518.html>
- Anile, S. y Devillard, S. (2016). Study design and body mass influence RAIs from camera trap studies: Evidence from the Felidae. *Animal Conservation*, 19(1), 35–45. <https://doi.org/10.1111/acv.12214>
- Apps, P. J. y McNutt, J. W. (2018). How camera traps work and how to work them. *African Journal of Ecology*, 56(4), 702–709. <https://doi.org/10.1111/aje.12563>
- Baca, B. (2017). *Odocoileus virginianus* (venado cola blanca): historia natural, problemática y alternativas de aprovechamiento. *Mentor Forestal*, 1, 53–57.
- Beier, P. y McCullough, R. (1990). Factors influencing white-tailed deer activity patterns and habitat use. *Wildlife Monographs*, 109, 3–51.
- Blumstein, D. y Fernández-Juricic, E. (2010). *A primer of conservation behavior*. Sinauer Associates.
- Borchers, D., Distiller, G., Foster, R., Harmsen, B. y Milazzo, L. (2014). Continuous-time spatially explicit capture-recapture models, with an application to a jaguar camera-trap survey. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(7), 656–665. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12196>
- Briceño-Méndez, M., Naranjo, E., Perez-Irineo, G., Contreras-Perera, Y., Sandoval-Serés, E. y Hidalgo-Mihart, M. (2017). Richness and trophic guilds of carnivorous mammals in ejido Nuevo Becal, Calakmul, Campeche, Mexico. *Therya*, 8(2), 145–150. <https://doi.org/10.12933/therya-17-472>
- Brossard, K. y Pritz, J. A. (2013). *Human-Jaguar Conflict in the Alto Chagres National Park: A socio-ecological study*. McGill University.
- Cantrill-Stewart, R. (2018). *A Discernment of prey selection by the ancient maya: white-tailed deer (Odocoileus virginianus) pest, prey or domesticate*. The University of Nottingham.

- Castro, S. A., Martínez-Polanco, M. F., Gómez, F. R. y Serna, L. L. (2020). Teeth osteometry as tool for studying social complexity: Evaluating white-tailed deer hunting sustainability at Nueva Esperanza, Colombia. *Quaternary International*, 557, 121–135. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.08.023>
- Centro de datos para la conservación. (2022). *Odocoileus virginianus catálogo de la fauna de Guatemala*. CECON. Recuperado de: https://cdc.usac.edu.gt/?page_id=836
- Centro de Estudios Conservacionistas. (2002). *Plan maestro 2002-2006 biotopo protegido Naachtún Dos Lagunas*. CECON
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2009). *Plan maestro 2009-2013 Parque Nacional Mirador Río Azul y Biotopo Protegido Naachtún- Dos Lagunas*. CONAP
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2015). *Reserva de la Biosfera Maya Plan Maestro*. CONAP
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2021). *Lista de Especies Amenazadas de Guatemala*. CONAP Recuperado de: <https://conap.gob.gt/wp-content/uploads/2021/09/LEA-2021-Fauna-3-sp.-Flora-No-Maderable.pdf>
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre. (2021). *Apéndices I, II y III*. Recuperado de: <https://cites.org/esp/app/appendices.php>
- Cronin, M. A. (2003). Research on deer taxonomy and its relevance to management. *Ecoscience*, 10(4), 432–442. <https://doi.org/10.1080/11956860.2003.11682791>
- Dawe, K. y Boutin, S. (2016). Climate change is the primary driver of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) range expansion at the northern extent of its range; land use is secondary. *Ecology and Evolution*, 6(18), 6435–6451. <https://doi.org/10.1002/ece3.2316>
- Dawe, K. L. (2011). *Factors driving range expansion of white-tailed deer, Odocoileus virginianus, in the boreal forest of northern Alberta, Canada*. University of Alberta.
- Delgado-Martínez, C. M., Alvarado, F., Mendoza, E., Flores-Hernández, S., Navarrete, A., Navarrete, E. y Botello, F. (2018). An ignored role of sartenejas to mitigate water shortage hazards for tropical forest vertebrates. *Ecology*, 99(3), 758–760. <https://doi.org/10.1002/ecy.2078>
- Deyoung, R. W., Stephen, D., Gee, K. L., Honeycutt, R. L., Hellickson, M. W. y Gonzales, R. A. (2009). Molecular evaluation of the white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) mating system. *Journal of Mammalogy*, 90(4), 946–953. <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-227.1>
- Dykes, J. L., Strickland, B. K., Demarais, S., Reynolds, D. B. y Lashley, M. A. (2020). Diet selection of white-tailed deer supports the nutrient balance hypothesis. *Behavioural Processes*, 179(July), 104196. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2020.104196>
- Estrada-Hernández, C. G. (2008). Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la selva maya, Centroamérica. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 12, 113–130.

- Fuller, T. K., Silva, A. M., Montalvo, V. H., Sáenz-Bolaños, C., Carrillo, J. E. y Reyna, R. (2020). Reproduction of white-tailed deer in a seasonally dry tropical forest of Costa Rica: A test of aseasonality. *Journal of Mammalogy*, 101(1), 241–247. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyz173>
- Gaitán, C. A., González-Castillo, V. R., Guzmán-Flores, G. D., Aguilera, A. L. y García, M. J. (2021). Visitation patterns of jaguars *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) to isolated water ponds in a tropical forest landscape. *Therya*, 12(1), 45–55. <https://doi.org/10.12933/THERYA-21-915>
- Gallina-tessaro, S. (2019). *Ecology and Conservation of Tropical Ungulates in Latin America*. Springer.
- Gallina, S. y Bello, J. (2010). El gasto energético del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*) en relación a la precipitación en una zona semiárida de México. *Therya*, 1(1), 9–22. <https://doi.org/10.12933/therya-10-1>
- García, M. (2016). *Protocolo para el monitoreo del tapir centroamericano (Tapirus bairdii) en la Reserva de Biosfera Maya, Guatemala*. CDC-Defensores de la Naturaleza.
- García, M., Gonzalez, V., Aguilera, A. y Guzmán, G. (2017). *Conservación y uso sostenible de la diversidad biológica en el hábitat del tapir (Tapirus bairdii) en la Reserva de Biosfera Maya*. CDC-CECON
- García, M. J., Aguilera, A. L., Guzmán-Flores, G. D., Rodríguez, D. I. y González, V. R. (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), 99–110. <https://doi.org/10.36829/63cts.v5i2.361>
- García, M. y 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. <https://doi.org/10.12933/therya-16-345>
- García, R. y Radachowsky, J. (2004). *Ecological evaluation of the Mirador-Río Azul national park, Petén, Guatemala*. WCS.
- Gaynor, K., Hojnowski, C., Carter, N. y Brashares, J. (2018). The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Nature*, 360, 1232–1235. <https://doi.org/10.1126/science.aar7121>
- González, V. (2015). *Vertebrados medianos y mayores asociados a las aguadas del Biotopo Protegido Naachtún - Dos Lagunas, Petén*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Green, M. L., Kelly, A. C., Satterthwaite-Phillips, D., Manjerovic, M. B., Shelton, P., Novakofski, J., y Mateus-Pinilla, N. (2017). Reproductive characteristics of female white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in the Midwestern USA. *Theriogenology*, 94, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.02.010>
- Guiascón, O. G. R., y Padilla Paz, S. E. (2018). Cacería y aprovechamiento del venado cola blanca por indígenas mayas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, 283–294.

- Higdon, S. D., Diggins, C. A., Cherry, M. J. y Ford, W. M. (2019). Activity patterns and temporal predator avoidance of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) during the fawning season. *Journal of Ethology*, 37(3), 283–290. <https://doi.org/10.1007/s10164-019-00599-1>
- Inaturalist. (2022). *Odocoileus virginianus*. Recuperado de: https://guatemala.inaturalist.org/observations?taxon_id=42223
- International Union for Conservation of Nature. (2021). *White-tailed Deer: Odocoileus virginianus*. Recuperado de: <https://www.iucnredlist.org/species/42394/22162580>
- 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*. SENACYT
- Jara-Guerrero, A., Escribano-Avila, G., Espinosa, C. I., De la Cruz, M. y Méndez, M. (2018). White-tailed deer as the last megafauna dispersing seeds in Neotropical dry forests: the role of fruit and seed traits. *Biotropica*, 0(0), 169–177. <https://doi.org/10.1111/btp.12507>
- Kraker, C., Calderón, A. P. y Cabrera, A. A. (2019). *Perspectivas de investigación sobre los mamíferos silvestres de Guatemala*. Asociación de Mastozoólogos de Guatemala.
- Ladine, T. A. y Settles, L. (2020). Response in nighttime activity of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) to lunar cycle and cloud cover. *Southeastern Naturalist*, 19(2), 325–332. <https://doi.org/10.1656/058.019.0211>
- Lautier, J., Dailey, T. V y Brown, R. D. (2016). Effect of water restriction on feed intake of white-tailed deer. *The Journal of Wildlife Management*, 52(4), 602–606.
- Little, A. R., Webb, S. L., Demarais, S., Gee, K. L., Riffell, S. K. y Gaskamp, J. A. (2016). Hunting intensity alters movement behaviour of white-tailed deer. *Basic and Applied Ecology*, 17(4), 360–369. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.12.003>
- López-Pérez, E., Serrano-Aspeitia, N., Aguilar-Valdés, B. C. y Herrera-Corredor, A. (2012). Composición nutricional de la dieta del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus ssp. mexicanus*) en Pitzotlán, morelos. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVIII(2), 219–229. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa2011.01.006>
- Lorenzo, C., Espinoza, E. y Ortega, J. (2008). *Avance en el estudio de los mamíferos de México*. Asociación Mexicana de Mastozoología.
- Madero, S., Nickl, E., Schmook, B., Schneider, L., Christman, Z., y Lawrence, D. (2012). Sequías en el sur de la península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. *Investigaciones Geográficas*, (78), 19–33.
- Maffei, L., Cuellar, E. y Noss, A. J. (2002). Uso de trampascamara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitania. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 11(January), 55–65.

- Mammal Diversity Database. (2021). *Odocoileus virginianus* (E. A. W. Zimmermann, 1780). Recuperado de: <http://www.mammaldiversity.org/explore.html#species-id=1006302>
- Mandujano, S, y Martínez-Romero, L. (1997). Frugivory and dispersal of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae) in a tropical deciduous forest in México. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 42(1–2), 107–114. <https://doi.org/10.15517/rbt.v42i1-2.22466>
- Mandujano, S., Delfín-Alfonso, C. A. y Gallina, S. (2010). Comparison of geographic distribution models of white-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780) subspecies in Mexico: biological and management implications. *Therya*, 1(1), 41–68. <https://doi.org/10.12933/therya-10-5>
- Mandujano, S. y Hernandez, C. (2019). Use of water developments by white-tailed deer in an extensive AHU in the biosphere reserve Tehuacan-Cuicatlan, Mexico. *Revista de Agroproductividad*, 12(6), 37–42. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1406>
- Marantz, S. A., Long, J. A., Webb, S. L., Gee, K. L., Little, A. R. y Demarais, S. (2016). Impacts of human hunting on spatial behavior of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Canadian Journal of Zoology*, 94(12), 853–861. <https://doi.org/10.1139/cjz-2016-0125>
- Martínez-Polanco, M. F. (2018). Beyond white-tailed deer hunting in Aguazuque: Archaeofaunal data from an archaic site at Sabana de Bogotá, Colombia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 29(1), 108–116. <https://doi.org/10.1002/oa.2722>
- Martinez, W., Reyna-Hurtado, R., Naranjo, E., Thornton, D., Cal, R. y Figueroa, O. (2020). Occupancy rate and observations of Baird's tapir (*Tapirella bairdii*) near waterholes in the Maya forest corridor, Belize. *Therya*, 11(3). <https://doi.org/10.12933/therya-20-969>
- Medina-fitoria, A., y Saldaña, O. (2012). *Lista patrón de los mamíferos de Nicaragua*. FUNDAR.
- Meek, P. D., Ballard, G. A., Sparkes, J., Robinson, M., Nesbitt, B. y Fleming, P. J. S. (2018). Camera trap theft and vandalism: occurrence, cost, prevention and implications for wildlife research and management. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 5(2), 160–168. <https://doi.org/10.1002/rse2.96>
- Mendes-Oliveria, A., Velthem, I., Coelho, M. y Lima, E. (2011). *Odocoileus virginianus*, Zimmerman, 1780 (Mammalia: Cervidae): Confirmed records and distribution extension in the northern Brazilian Amazon. *Journal of Species List and Distribution*, 7(6).
- Meyer, N. F. V., Moreno, R., Sutherland, C., de la Torre, J. A., Esser, H. J., Jordan, C. A., ... Jansen, P. A. (2019). Effectiveness of Panama as an intercontinental land bridge for large mammals. *Conservation Biology*, 0(0), 1–13. <https://doi.org/10.1111/cobi.13384>
- 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. <https://doi.org/10.1017/S0266467418000457>

- Moreira-ramírez, J. F. y García, R. (2011). Uso de trampas cámara digitales para estudiar al jabalí en el Biotopo Protegido Dos Lagunas, Reserva de Biósfera Maya. *Newsletter of the WPSG*, 10(2).
- Moreira-Ramírez, J. F., López, J. E., García-Anleu, R., Córdova, F. y Dubón, T. (2015). Tamaño, composición y patrones diarios de actividad de grupos de pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) en el Parque Nacional Mirador-Río Azul, Guatemala. *Therya*, 6(2), 469–482. <https://doi.org/10.12933/therya-15-278>
- Moreira-Ramírez, J. F., Reyna-Hurtado, R., Hidalgo-Mihart, M., Naranjo, E., Ribeiro, M. C., García-Anleu, R., ... Ponce-Santzo, G. (2016). Importancia de las aguadas para el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) en la Selva Maya, Guatemala. *Therya*, 7(1), 51–64. <https://doi.org/10.12933/therya-16-344>
- Moscarella, R. A., Aguilera, M. y Escalante, A. A. (2003). Phylogeography, population structure, and implications for conservation of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in Venezuela. *Journal of Mammalogy*, 84(4), 1300–1315. <https://doi.org/10.1644/BRB-028>
- Novack, A. J., Main, M. B., Sunquist, M. E. y Labisky, R. F. (2005). Foraging ecology of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in hunted and non-hunted sites within the Maya Biosphere Reserve, Guatemala. *Journal of Zoology*, 267(2), 167–178. <https://doi.org/10.1017/S0952836905007338>
- O'Connell, A., Nichols, J. y Karanth, K. (2011). *Camera traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer.
- Owen, J. y Girón, L. (2012). Revised checklist and distributions of land mammals of El Salvador. *Museum of Texas Tech University*, (310), 32.
- Parker, H. A., Larkin, J. T., Heggenstaller, D., Duchamp, J., Tyree, M. C., Rushing, C. S., ... Larkin, J. L. (2020). Evaluating the impacts of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) browsing on vegetation in fenced and unfenced timber harvests. *Forest Ecology and Management*, 473. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118326>
- Pons, D., Castellanos, E., Conde, D., Brincker, J., Incer, D. y López, A. (2018). Escenarios de aridez para Guatemala para los años 2030, 2050, 2070 utilizando modelos de cambio climático. *Revista Yu'am*, 2 (4): 4-16.
- Radachowsky, J., Ramos, V. H., Mcnab, R., Baur, E. H. y Kazakov, N. (2011). Forest concessions in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala: A decade later. *Forest Ecology and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.08.043>
- Rand, A., Matute, V., Grimes, V., Freiwald, C., Zralka, J. y Koszkuł, W. (2020). Prehispanic maya diet and mobility at Nakum, Guatemala: A multi-isotopic approach. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 32.

- Randler, C. y Kalb, N. (2018). Distance and size matters: a comparison of six wildlife camera traps and their usefulness for wild birds. *Ecology and Evolution*, 8(14): 7151-7163. DOI: 10.1002/ece3.4240
- Regal, F. (2013). *Utilización de un sistema de información geográfica en la determinación de la calidad del hábitat del venado cola blanca (Odocoileus virginianus Zimmermann, 1780)*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Reyna-hurtado, R. y Carrillo-Reyna, N. (2016). Insights into the multiannual home range of a Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) in the Maya, *Therya*, 7(2), 271–276. <https://doi.org/10.12933/therya-16-348>
- Reyna-Hurtado, R. y Tanner, G. W. (2005). Habitat preferences of ungulates in hunted and nonhunted areas in the Calakmul Forest, Campeche, Mexico. *Biotropica*, 37(4), 676–685. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00086.x>
- Ridout, M. S. y Linkie, M. (2009). Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*, 14(3), 322–337. <https://doi.org/10.1198/jabes.2009.08038>
- Rivera-Araya, M., Emery, K. F., Arnauld, M. C. y Pilaar Birch, S. (2019). Stable isotope analysis of white-tailed deer teeth as a paleoenvironmental proxy at the Maya site of La Joyanca, northwestern Petén, Guatemala. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 55(4), 344–365. <https://doi.org/10.1080/10256016.2019.1636047>
- Rowcliffe, J. M. (2019). Package activity. *Methods in Ecology and Evolution*.
- Rowcliffe, J. M., Kays, R., Kranstauber, B., Carbone, C. y Jansen, P. A. (2014). Quantifying levels of animal activity using camera trap data. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(11), 1170–1179. <https://doi.org/10.1111/2041-210x.12278>
- Sánchez-Pinzón, K., Reyna-Hurtado, R., Naranjo, E., Keuroghlian, A. (2020). Peccaries and their relationship with water availability and their predators in Calakmul, México. *Therya*, 11 (2): 213-220. DOI: 10.12933/therya-20-878 ISSN 2007-3364
- Sandoval-Serés, E., Reyna-Hurtado, R., Briceño-Méndez, M. y De La Cerda-Vega, R. (2016). Uso de aguadas y abundancia relativa de *Tapirus bairdii* en la región de Calakmul, Campeche, México. *Therya*, 7(1), 39–50. <https://doi.org/10.12933/therya-16-349>
- Sandoval, M. (2020). *Caracterización patrón de actividad del tapir*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Santos, D. R. (2020). *Determinación de la presencia de Fasciola hepatica en cérvidos de la fundación protectora de animales en vías de extinción ubicada en livingston, Izabal, durante marzo, abril, mayo y julio 2018*. Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Schneider, S., Taylor, G. W. y Kremer, S. (2018). Deep learning object detection methods for ecological camera trap data. *Conference on Computer and Robot Vision*, 321–328. <https://doi.org/10.1109/CRV.2018.00052>
- Serna, R. (2012). *Alimentación y reproducción de Odocoileus virginianus veraecrucis en cautiverio en Pajapan, Veracruz*. Memorias simposio sobre venados de México.
- Silveira, L., Jácomo, A. T. A. y Diniz-Filho, J. A. F. (2003). Camera trap, line transect census and track surveys: A comparative evaluation. *Biological Conservation*, 114(3), 351–355. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00063-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00063-6)
- Singh, N. K., Goolsby, J. A., S, A. O., Hewitt, D. G., Campbell, A. y León, A. (2017). Comparative daily activity patterns of Nilgai, *Boselaphus tragocamelus* and white-tailed deer, *Odocoileus virginianus* in South Texas. *Subtropical Agriculture and Environments*, 68(7), 7–12. DOI: 10.1007/s10725-007-9205-z
- Smith, W. P. (1985). Current geographic distribution and abundance of Columbian white-tailed deer, *Odocoileus virginianus leucurus* (Douglas). *Northwest Science*, 59(4), 243–251.
- Sorensen, V. A. y Taylor, D. H. (1995). The effect of seasonal change on the group size, group composition, and activity budget of white-tailed deer, *Odocoileus virginianus*. *Ohio Journal of Science*, 95(5), 321–324.
- Soria-Díaz, L. y Monroy-Vilchis, O. (2015). Monitoring population density and activity pattern of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in Central Mexico, using camera trapping. *Mammalia*, 79(1), 43–50. <https://doi.org/10.1515/mammalia-2013-0107>
- Soto, J. (2003). *Impactos de cacería de una comunidad del Parque Nacional Sierra del Lacandón, La Libertad, Petén sobre Vertebrados Mayores Terrestres y Arbóreos*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Tarifa, T., Rechberger, J. y Wallace, R. B. (2001). Confirmación de la presencia de *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla, Cervidae) en Bolivia, y datos preliminares sobre su ecología y su simpatria con *Hippocamelus antisensis*. *Ecología En Bolivia*, 35(November 2015), 41–49.
- Terrell, G., y Scott, D. (1992). Variable Kernel density estimation. *The Annals of Statistics*, 20(3), 1236–1265.
- Thornton, E. K. (2011). Reconstructing ancient Maya animal trade through strontium isotope ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) analysis. *Journal of Archaeological Science*, 38(12), 3254–3263. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.06.035>
- Trolliet, F., Huynen, M., Vermeulen, C., y Hambuckers, A. (2014). Use of camera traps for wildlife studies: A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 6(1), 53–83. [https://doi.org/10.1016/0308-0161\(78\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0308-0161(78)90006-6)

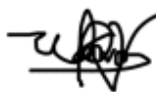
- Vaides, S. (2020). Características generales del comportamiento del venado cola blanca en semicautiverio en Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. *Revista Ciencia Multidisciplinaria CUNORI*, 4(2). <https://doi.org/10.36314/cunori.v4i2.144>
- Velasquez, M. (2015). *Evaluación del impacto del cambio climático en especies de importancia económica y cultural en la Reserva de Biósfera Maya en los Biotopos Naachtún Dos Lagunas, San Miguel la Palotada El Zotz y Laguna del Tigre Río Escondido*. Fodecyt.
- 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*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Webb, S. L., Gee, K. L., Strickland, B. K., Demarais, S. y Deyoung, R. W. (2010). Measuring fine-scale white-tailed deer movements and environmental influences using GPS collars. *International Journal of Ecology*, 2010. <https://doi.org/10.1155/2010/459610>
- Webb, S. L., y Hewitt, D. G. (2007). Effects of permanent water on home ranges and movements of adult male white-tailed deer in southern Texas. *Texas Journal of Science*, 59(4), 261–276.
- Webb, S. L., Zabransky, C. J., Lyons, R. S. y Hewitt, D. G. (2006). Water quality and summer use of sources of water in Texas. *Southwestern Naturalist*, 51(3), 368–375. [https://doi.org/10.1894/0038-4909\(2006\)51\[368:WQASUO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1894/0038-4909(2006)51[368:WQASUO]2.0.CO;2)
- Weber, M., y Gonzalez, S. (2003). Latin American deer diversity and conservation: A review of status and distribution. *Ecoscience*, 10(4), 443–454. <https://doi.org/10.1080/11956860.2003.11682792>
- Welbourne, D. J., Claridge, A. W., Paull, D. J. y Lambert, A. (2016). How do passive infrared triggered camera traps operate and why does it matter? Breaking down common misconceptions. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2(2), 77–83. <https://doi.org/10.1002/rse2.20>
- Whytock, R. C., Świeżewski, J., Zwerts, J. A., Bara-Słupski, T., Koumba Pambo, A. F., Rogala, M., ... Abernethy, K. A. (2021). Robust ecological analysis of camera trap data labelled by a machine learning model. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(6), 1080–1092. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13576>
- Wiemers, D. W., Fulbright, T. E., Wester, D. B., Alfonso Ortega-S, J., Allen Rasmussen, G., Hewitt, D. G., y Hellickson, M. W. (2014). Role of thermal environment in habitat selection by male white-tailed deer during summer in Texas, USA. *Wildlife Biology*, 20(1), 47–56. <https://doi.org/10.2981/wlb.13029>
- William, S. y Nowicki, S. (2006). The evolution of animal communication: reliability and deception in signaling systems. *Integrative and Comparative Biology*, 46(5). <https://doi.org/10.1093/icb/icl027>
- Wilson, D. y Reeder, D. (2005). *Mammal species of the world, A taxonomic and geographic reference*. Johns Hopkins University Press.

Young, H. S., Dirzo, R., Helgen, K. M., Mccauley, D. J., Billeter, S. A., Kosoy, M., ... Dittmar, K. (2014). Declines in large wildlife increase landscape-level prevalence of rodent-borne disease in Africa. *PNAS*, 111(19), 7036–7041. <https://doi.org/10.1073/pnas.1404958111>



Pablo Andrés González Xiloj

Autor



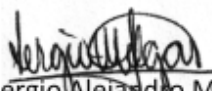
Lic. Manolo García Vettorazzi

Asesor



Dr. Sergio Pérez Consuegra

Revisor



Dr. Sergio Alejandro Melgar

Director

Escuela de Biología



M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

Decano

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia