



El Colegio de la Frontera Sur

Abundancia de pecaríes y su relación con la
disponibilidad de agua en la Reserva de la Biosfera
Calakmul, Campeche, México

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
con Orientación en Manejo y Conservación de Recursos Naturales

Por

Khiavett Guadalupe Sanchez Pinzón

2019



El Colegio de la Frontera Sur

San Francisco de Campeche, Campeche 21 de junio de 2019


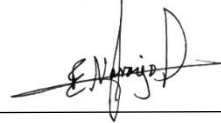
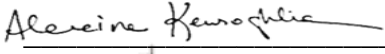



Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

Khiavett Guadalupe Sánchez Pinzón

Hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada:

“Abundancia de pecaríes y su relación con la disponibilidad de agua en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México”

Para obtener el grado de **Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

Nombre	Firma	
Director de Tesis	Dr. Rafael Ángel Reyna Hurtado	 _____
Asesor	Dr. Eduardo Jorge Naranjo Piñera	 _____
Asesora	Dra. Alexine Keuroghlian	 _____
Sinodal adicional	Dra. Ligia Guadalupe Esparza Olgún	 _____
Sinodal adicional	M. en C. Fernando Contreras Moreno	 _____
Sinodal suplente	Dr. José Rogelio Cedeño Vázquez	 _____

Dedicatoria

A Dios.

A mi familia, por ser el motor de todo.

A mis amigos, por hacer más divertido el camino.

“Deseo que cada ser pueda caminar siempre hacia donde su corazón lo lleve con entera libertad” Anónimo

Agradecimientos

A mi director de tesis el Dr. Rafael Reyna Hurtado, por su confianza, apoyo y presencia a lo largo de todo este proceso. A mis asesores, el Dr. Eduardo Naranjo y la Dr. Alexine Keuroghlian por contribuir a mejorar este trabajo por medio de sus acertadas observaciones y sugerencias. A El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) unidad Campeche, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyt) por permitirme realizar y financiar mis estudios de maestría.

Agradezco a los integrantes de mi comité sinodal, la Dra. Ligia Esparza, al M. en C. Fernando Contreras y al Dr. Rogelio Cedeño, por su interés y su tiempo para enriquecer esta tesis. A la Dirección de la Reserva de la Biosfera Calakmul por todas las facilidades brindadas; y especialmente agradezco a nuestro guía de campo, Nicolas Arias Domínguez, por todo su conocimiento y apoyo para el desarrollo de este estudio.

A mi familia por siempre alentarme y acompañarme en la vida. A mi mamá, gracias por creer en mí. A mis amigos (Yair, Paloma, Alejandro), por su apoyo incondicional, por las risas y por las pláticas intensas. A Frida y a Francia, gracias por sus porras y por hacer de sus casas la mía. Y a todos mis amigos y compañeros dentro y fuera de la maestría que aun en la distancia siempre están presente y han sido parte de este proceso. Y a ti, GRACIAS, tú sabes quién eres y todo lo que significas.

Índice

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
Capítulo I “Abundancia de pecaríes (<i>Tayassu pecari</i> y <i>Pecari tajacu</i>) y su relación con la disponibilidad de agua y con sus dos principales depredadores en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México”	11
Introducción	12
Materiales y métodos	14
Resultados	18
Discusión	27
Literatura Citada	32
CONCLUSIÓN GENERAL	37
REFERENCIAS	40
ANEXOS	45

Resumen

Las aguadas en la región de Calakmul representan la única fuente de agua superficial para la fauna silvestre. Sin embargo, en los últimos años la reducción en los niveles de precipitación y el aumento de los periodos de sequía, como consecuencia del cambio climático, ha ocasionado la desecación y desaparición de estos cuerpos de agua. El objetivo de este estudio consistió en determinar cómo la abundancia y la distribución espacial y temporal de las dos especies de pecaríes (*Tayassu pecari* [PLB] y *Pecari tajacu* [PC]) en las aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC) se relacionan con la disponibilidad de agua y con la presencia de sus dos principales depredadores a lo largo de cinco años de estudio. A través de la técnica de fototrampeo, 12 aguadas fueron monitoreadas en la zona sur de la RBC. Se estimó el índice de abundancia de registros fotográficos (IA), los patrones de actividad, y se relacionó a través de regresiones lineales y logarítmicas la presencia de ambas especies de pecaríes con sus depredadores (jaguares [*Panthera onca*] y pumas [*Puma concolor*]) y con la disponibilidad de agua. La abundancia y presencia del PLB y del jaguar, se relacionaron directamente con la disminución de la disponibilidad de agua y desecación de cuerpos de agua durante los cinco años de estudio, mientras que, para el PC y el puma, el agua no fue un factor determinante para su presencia. La disminución en la disponibilidad de agua en las aguadas de la RBC se ha convertido en una fuerte amenaza para el PLB, aunado a otras amenazas como la cacería y la fragmentación de su hábitat en las comunidades aledañas a la reserva, que ponen en riesgo a esta población considerada la más importante de Mesoamérica.

Palabras clave: cambio climático, distribución, fototrampeo, jaguares, pumas.

Introducción

La distribución, abundancia y dinámica de una población de fauna silvestre están determinadas en parte por factores ambientales como la temperatura, la precipitación y las barreras geográficas (Pianka, 1983). Este conjunto de factores tiene una influencia directa en la disponibilidad y arreglo de los recursos en el paisaje. En las últimas décadas como consecuencia del cambio climático se ha reportado un aumento en el promedio de la temperatura anual y cambios en los patrones de distribución de las precipitaciones (IPCC, 2007). Estas variaciones en el clima aunados a otros impactos del cambio climático se han identificado como uno de los principales factores responsables de la pérdida actual de la biodiversidad global (Peterson et al., 2004; Bakkenes et al., 2002).

En México una de las zonas más vulnerable al cambio climático es la Península de Yucatán (conformada por los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche) (Székely, 2009). De acuerdo con Magrin et al., (2007), para esta región se predice un incremento en la temperatura promedio de 2 a 3.1° C para el 2090, así como una disminución de la precipitación anual del 10 al 22%, con épocas de estiaje que podrían alcanzar una reducción del 48% en los peores escenarios. Esta disminución en la precipitación tiene como consecuencia el aumento de periodos intensos de sequía y una reducción de la disponibilidad de agua cada vez mayor, afectando directamente a las poblaciones humanas y a la fauna silvestre.

Al sureste del estado de Campeche, en el municipio de Calakmul se encuentra la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC), el bosque tropical protegido más grande de México; el cual junto con la reserva privada de Rio Bravo en Belice y la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala, conforman el macizo de bosque tropical más grande de Mesoamérica. Una de las principales características de la región es la naturaleza kárstica del subsuelo y la permeabilidad del terreno, que favorecen la infiltración de las aguas pluviales, por lo que no existen cuerpos de agua superficial permanentes. Sin embargo, hay zonas en donde el suelo permite la acumulación del agua de lluvia de manera estacional, las cuales son conocidas localmente como “aguadas” (García-Gil et al., 2002). Estos sitios son un componente esencial del hábitat, ya que proporciona importantes

recursos hídricos y de forrajeo para las especies (Aranda, 1990; Hernández-Huerta et al., 2000; Martínez-Kú et al., 2008; Reyna-Hurtado et al., 2010).

La región de Calakmul es una zona altamente estacional, por lo que el agua y la disponibilidad de alimento pueden ser factores limitantes para la distribución y en los patrones de movimiento de muchas especies (Rautenstrauch y Krausman, 1989, Mandujano y Gallina, 1995; Reyna-Hurtado et al., 2012). La mayoría de las aguadas que se encuentran dentro de la RBC son pequeñas y se secan rápidamente al inicio de la época de estiaje, además se encuentran distribuidas en el paisaje de manera dispersa y en baja densidad. En los últimos 50 años, se ha observado una disminución de la precipitación media anual del 16%, causando la desecación y desaparición de estos cuerpos de agua, sobre todo en la parte sur de la RBC (Mardero et al., 2012; Zúñiga-Morales y Sima-Panti, 2015).

Estos cambios en la presencia y disponibilidad de agua en las aguadas, se ha relacionado a posibles respuestas en los patrones espaciales y temporales de las especies asociadas a estos cuerpos de agua (Reyna-Hurtado et al., 2012). A través de modelos. O’Farril et al., (2014) estimaron que la posible respuesta de especies con capacidad de movimiento es la migración fuera del área protegida hacia los bosques ejidales (zonas más húmedas), alterando así la capacidad de conservación de la zona protegida. Sin embargo, la respuesta de las especies dependerá de sus capacidades fisiológicas, locomotoras y de la capacidad de adaptar su conducta a los cambios en el medio ambiente; y debido a que esta respuesta no es clara debe ser investigada para poder implementar estrategias de conservación.

En la RBC se encuentran presentes las dos especies de pecaríes (familia Tayassuidae; SOWLS, 1997) que se distribuyen en México, el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) y el pecarí de collar (*Pecari tajacu*). Estas especies son simpátricas en la mayor parte de su distribución y ejercen funciones similares en un mismo nivel trófico. Los pecaríes desempeñan funciones relevantes en la dinámica de los bosques a través de los procesos de herbívora, dispersión y depredación de semillas, modifican el suelo y son presas importantes de grandes depredadores (Aranda, 1994; SOWLS, 1997; Paine et al. 2016; Peres et al. 2016). Además, se han documentado entre las cinco especies de

caza preferidas por los cazadores de subsistencia (Escamilla et al., 2000; Weber, 2000; Reyna-Hurtado et al., 2009), por lo que representan una fuente importante de proteína para los pobladores de la región.

Para estas especies la presencia de cuerpos de agua en el paisaje es un componente esencial de su hábitat, a donde acuden de manera constante para beber y bañarse en lodo, y así protegerse del exceso de calor y de parásitos (Sowls, 1997; Reyna-Hurtado et al., 2009; Reyna-Hurtado et al., 2014; Beck et al., 2017). La densidad, distribución y movimientos de los pecaríes se ha asociado con la presencia y distancia a los cuerpos de agua, evidenciando la importancia que estos sitios tienen para estas especies (Reyna-Hurtado et al., 2009; Hernández, 2013; García-Marmolejo et al., 2015). En este contexto, la variabilidad climática, la disminución y desaparición de los cuerpos de agua en la RBC podrían tener un efecto directo en los patrones de distribución y abundancia de ambas especies de pecaríes, así como en sus relaciones intraespecíficas e interespecíficas (depredadores).

Por ello, en esta investigación se determinó la relación entre la abundancia y la distribución espacial y temporal de las dos especies de pecaríes con la variabilidad en la disponibilidad de agua y con la presencia de sus dos principales depredadores (jaguar y puma) a lo largo de cinco años de estudio en las aguadas de la RBC a través de la técnica de fototrampeo. El fototrampeo es un método confiable y no invasivo que permite evaluar aspectos ecológicos y conductuales de especies difíciles de observar de manera directa (Krausman, 2002; Maffei et al., 2004). Una de las ventajas de esta técnica es que proveen de una gran cantidad de información en menos tiempo y con menos esfuerzo, lo que permite una rápida evaluación del estado de conservación de la vida silvestre, proporcionando información biológica básica y esencial para promover acciones de manejo y conservación.

Dados los rápidos efectos del cambio climático en Calakmul y a las predicciones de sequías aún más extremas en la región (Magrin et al., 2007) es posible que los pecaríes tiendan a moverse cada vez más hacia los límites de la RBC o fuera de ella, siendo en estas áreas en donde las poblaciones presentan una mayor presión por parte de los cazadores. Actualmente el pecari de labios blancos es considerado una especie

en peligro de extinción en México (NOM-059-SEMARNAT-2010), y aunque el pecarí de collar no se encuentra en ninguna categoría de riesgo, de manera local es una especie que está sujeta a una presión constante (Briceño-Méndez et al., 2016). En este sentido conocer y entender cómo las especies responden y se adaptan a los cambios en su entorno es esencial para su conservación, por lo que esperamos que los resultados obtenidos de esta investigación ayuden a entender mejor las relaciones entre la disponibilidad y variabilidad de agua en la dinámica poblacional de las dos especies de pecaríes y sus depredadores en un sistema cambiante que está siendo fuertemente afectado por el cambio climático.

Capítulo 1. Artículo enviado a la Revista *Therya*

Abundancia de pecaríes (*Tayassu pecari* y *Pecari tajacu*) y su relación con la disponibilidad de agua y con sus dos principales depredadores en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México.

Khiavett Sánchez-Pinzón¹, Rafael Reyna-Hurtado¹, Eduardo J. Naranjo² y Alexine Keuroghlian³

1El Colegio de La Frontera Sur. Av. Rancho Polígono 2A, Parque Industrial, Lerma, 24500 Campeche, Campeche, México.

2El Colegio de La Frontera Sur. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

3 Peccary Project, Rua Spipe Calarge, 2355, 79052-070, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brazil

Resumen: Las aguadas en la región de Calakmul representan la única fuente de agua superficial para la fauna silvestre. Sin embargo, en los últimos años la reducción en los niveles de precipitación y el aumento de los periodos de sequía, como consecuencia del cambio climático, ha ocasionado la desecación y desaparición de estos cuerpos de agua, teniendo un posible efecto en la abundancia y distribución de las especies asociadas a estos sitios. El objetivo de este estudio consistió en determinar cómo la abundancia y la distribución espacial y temporal de las dos especies de pecaríes (*Tayassu pecari* (PLB) y *Pecari tajacu* (PC)) en las aguadas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC) se relacionan con la disponibilidad de agua y con la presencia de sus dos principales depredadores a lo largo de cinco años de estudio. A través de la técnica de fototrampeo 12 aguadas fueron monitoreadas en la zona sur de la RBC. Se estimó el índice de abundancia de registros fotográficos (IA), los patrones de actividad y a través de regresiones lineales y logarítmicas se relacionó con la presencia de ambas especies de pecaríes con sus dos principales depredadores (jaguares y pumas) y con la disponibilidad de agua. Se realizó un esfuerzo de muestreo de 13,744 días -trampa. La abundancia y ocurrencia del PC en las aguadas fue mayor que la del PLB, ambas especies hicieron un uso diferencial de las aguadas y se encontró una relación significativa entre la presencia del PLB y los jaguares y el PC y los pumas. Además, la disminución de la disponibilidad de agua y desecación de cuerpos de agua de la RBC durante los cinco años de estudio se relacionó directamente con la abundancia y distribución del PLB, mientras que para el PC el agua no fue un factor determinante para su presencia.

Palabras clave : cambio climático, distribución, fototrampeo, jaguares, pumas.

Introducción

La Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC) localizada al sur de México mantiene la mayor extensión de bosques tropicales a nivel nacional (García Gil et al. 1999) y alberga una gran diversidad de especies de flora y fauna, incluyendo, entre otras, a más de 250 especies de aves, más de 30 especies de reptiles y anfibios y más de 150 especies de mamíferos, muchas de ellas en peligro de extinción (Galindo- Leal 1999).

En la región de Calakmul, no existen cuerpos de agua superficial permanentes debido a la conformación geológica del suelo (García-Gil et al. 2002). Sin embargo, existen zonas en donde se acumula el agua de lluvia, conocidas localmente como aguadas (Reyna-Hurtado et al. 2010). Estos sitios constituyen la única fuente de agua superficial en el área, por lo que son de vital importancia para la fauna silvestre. En los últimos años la reducción en los niveles de precipitación y el aumento de los periodos secos, que, como consecuencia del cambio climático, son cada vez más prolongados en la región, han ocasionado la desecación y desaparición de estos cuerpos de agua, sobre todo en la parte sur de la RBC (Madero et al. 2012; Zúñiga-Morales y Sima-Panti 2015).

Este fenómeno se ha relacionado a posibles cambios en los patrones espaciales y temporales de las especies asociadas a las aguadas (Reyna-Hurtado et al, 2012). O’Farrill et al. (2014) estimaron que la posible respuesta de estas especies a la desaparición de las aguadas sería la migración a zonas más húmedas, como los bosques adyacentes (ejidales), disminuyendo casi en su totalidad las poblaciones dentro de la zona protegida, alterando así su capacidad de conservación.

En la RBC se encuentran las dos especies de pecaríes que se distribuyen en México, el pecarí de labios blancos (PLB) (*Tayassu pecari*) y el pecarí de collar (PC) (*Pecari tajacu*). Para

estas especies la presencia de cuerpos de agua en el paisaje es un componente esencial de su hábitat, a donde acuden de manera constante para beber y bañarse en lodo y así protegerse del exceso de calor y de parásitos (Sowls 1997; Reyna-Hurtado et al. 2014; Beck et al. 2017; Reyna-Hurtado et al. 2017). El agua se ha descrito como el elemento más importante del paisaje para el PLB y el eje de sus movimientos en sitios donde el agua no se encuentra distribuida homogéneamente en el tiempo y el espacio (Reyna-Hurtado et al. 2009, 2012).

El PC, a diferencia del PLB, aparte de ser un habitante común de bosques húmedos tropicales se distribuye también en hábitats secos por lo que ha desarrollado estrategias para satisfacer su necesidad de agua en sitios donde este recurso es más escaso (Sowls 1997; Reyna-Hurtado et al. 2014). Sin embargo, en ambientes tropicales su densidad y distribución se ha asociado con la presencia y la distancia a los cuerpos de agua, evidenciando la importancia que tienen estos sitios para la especie (Hernández 2013; García-Marmolejo et al. 2015).

Al ser el agua un elemento indispensable del hábitat de los pecaríes que se asocia con su presencia y abundancia, probablemente la disminución y desaparición de estos cuerpos de agua en la RBC podría estar teniendo un efecto directo en sus patrones de distribución, así como en las relaciones entre ambas especies (aumento de la competencia) y en la interacción con sus depredadores. Los pecaríes son dos de las especies más importantes en la dieta del jaguar (*Panthera onca*) y del puma (*Puma concolor*) (Aranda 1994; Amín 2004; Moreno 2008), por lo que la abundancia de los pecaríes en las aguadas puede afectar también la presencia y el uso de las aguadas por parte de estos dos felinos.

Debido a que los escenarios climáticos para la región de Calakmul predicen una reducción aún mayor en la precipitación (Magrin et al. 2007), conocer y entender cómo las especies responden

y se adaptan a los cambios en su entorno es esencial para promover acciones de manejo y conservación. En este contexto el objetivo de este estudio consistió: en determinar cómo la abundancia y la distribución espacial y temporal de las dos especies de pecaríes en las aguadas de la RBC se relacionan con la variabilidad en la disponibilidad de agua y con la presencia de sus dos principales depredadores a lo largo de cinco años de estudio. Se predice que el PLB presentará una mayor asociación a las aguadas que el PC, y que una disminución en la disponibilidad de agua en las aguadas afectará directamente la abundancia y ocurrencia del PLB. Además, se espera que la relación entre jaguares y PLB en los cuerpos de agua sea más estrecha que entre pumas y PLB; mientras que la relación entre pumas y PC será mayor que entre jaguares y PC (Aranda 1994; Aranda y Sanchez-Cordero 1996; Foster et al. 2010).

Materiales y Métodos.

Área de estudio.

La Reserva de la Biosfera Calakmul perteneciente al municipio de Calakmul, Campeche, México, se ubica alrededor de las coordenadas 18°40'07.7" N, 89°12'34.3" O (Figura 1). Fue establecida en 1989 y representa el bosque tropical protegido más extenso de México, con una superficie de 7, 231.25 km² (Morales y Magaña, 2001) . Predomina el clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y con menos de 60 mm de precipitación en el mes más seco (Aw1). La temperatura media anual es de 24.6 °C y la precipitación anual oscila entre 1200 y 2000 mm (García- Gil 2003). En los últimos 50 años la precipitación anual ha disminuido en un 16% y los periodos de días sin lluvias son cada vez más largos en la región (Mardero et al. 2012).

La topografía es muy plana (aproximadamente a 250 m sobre el nivel medio del mar) con suaves colinas que alcanzan 340 m sobre el nivel del mar. Las asociaciones vegetales predominantes en la región son bosques tropicales húmedos que se han clasificado de acuerdo con

su altura y si pierden o no las hojas en la época seca en: 1) selvas medianas subperennifolias) selvas bajas inundables, c) selvas bajas caducifolias, y d) vegetación secundaria (Pennington and Sarukhan 1998).

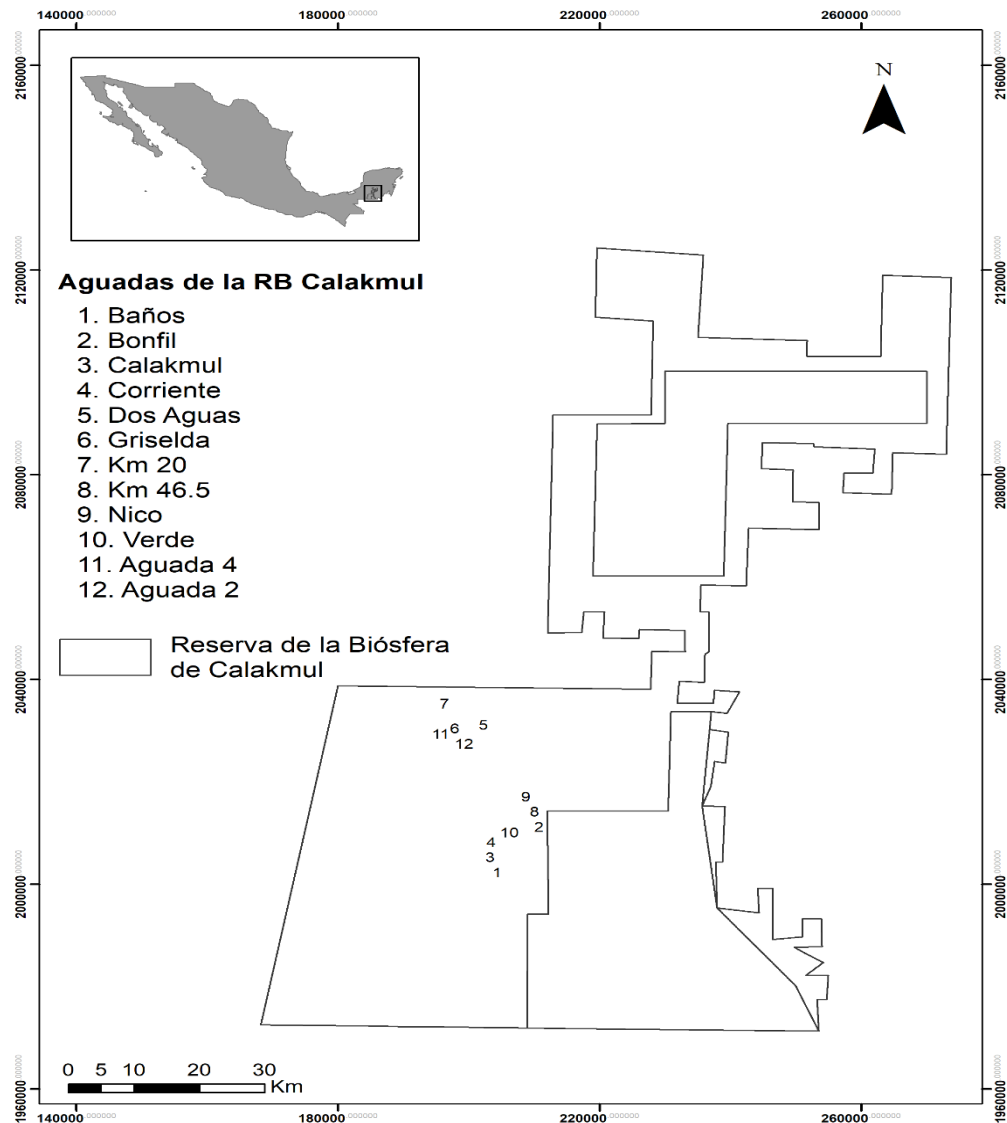


Figura 1. Ubicación de las aguadas monitoreadas en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche.

Colecta de datos

De enero 2014 a diciembre 2018 fueron monitoreadas entre 9 a 12 aguadas (Aguada 2 (A2), Aguada 4 (A4), Baños (Ba), Bonfil (Bo), Calakmul (Ca), Corriente (Co), Dos Aguadas (DA), Griselda (Gri), Km 20, Km 46.5, Nico (Ni) y Verde (Ve)) en la zona sur de la RBC (Figura 1) a través de la técnica de fototrampeo. La distancia entre las aguadas varió de 0.7-3.7 km y en cada aguada se colocó una estación simple de foto trampeo (cámaras digitales Reconyx PC900). Las cámaras se sujetaron en árboles, aproximadamente a 50 cm de suelo, de frente a las aguadas, tratando de captar el mayor ángulo de éstas y permanecieron activadas durante las 24 horas del día. Cada cámara se mantuvo funcionando los 12 meses de cada año, siempre en el mismo sitio (cabe mencionar que el número de los sitios muestreados aumentó a cada año de monitoreo; 2014: 9; 2015: 10; 2016-2018:12 (Anexo 2). Se hicieron revisiones cada dos meses para cambios de baterías y tarjetas de memoria. Los registros obtenidos se almacenaron en una base de datos donde se registró: sitio, fecha, hora, duración del registro en minutos y el número de individuos.

Uso de aguadas

Índice de abundancia de registros fotográficos

Se calculó el índice de abundancia de registros fotográficos (abundancia) de las dos especies de pecaríes utilizando la siguiente fórmula: $IA = N/EM * 1000$ días-trampa. Donde: N= Número de registros, EM=Esfuerzo de muestreo (número de días que las cámaras estuvieron funcionando por el número de cámaras), y 1000 días-trampa (unidad estándar). Se consideró un filtro de una hora entre las secuencias de fotos de pecaríes para evitar contabilizar secuencias repetitivas de los mismos grupos, tomando como referencia que los pecaríes visitan las aguadas varias veces al día (datos obtenidos de telemetría) (Reyna-Hurtado et al. 2009). Se utilizó este índice para comparar las frecuencias de visitas de las dos especies entre los años de muestreo, temporadas (secas- lluvias) y entre aguadas.

Para cada especie se realizaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis seguidas por una prueba post-hoc usando el método de Dunn para comparar la abundancia entre las aguadas y entre años. También se aplicaron pruebas paramétricas de Mann-Whitney para comparar la abundancia entre temporadas (Sokal y Rohlf 1981).

Patrones de actividad

Para examinar los patrones de actividad del PLB y del PC, se agruparon los registros obtenidos de ambas especies y se ordenaron por intervalos de dos horas; estos se representaron en una escala circular donde se calculó el ángulo medio y la dispersión angular a través del programa Oriana 4.01 (Kovach 1994). Utilizando los estimadores de densidad de Kernel se estimó la proporción de solapamiento entre las especies (coeficiente de superposición) para los cinco años de muestreo a través del programa “Overlap” en R (R Core Team, 2018, R Studio ver. 1.1.463); se utilizó el estimador Δ_4 recomendado para muestras >75 (Meredith and Rideout 2016). El intervalo de confianza (IC) entre los límites inferior y superior del 95% en las estimaciones de la superposición de la actividad de las especies se calculó a través de intervalos percentiles basados en 1000 muestras de arranque (Ridout y Linkie, 2009).

Ocurrencia y co-ocurrencia entre pecaríes y sus depredadores

Para la realización de estos análisis se utilizaron, además de los registros fotográficos independientes de pecaríes, los registros independientes de jaguares y pumas obtenidos a través de la técnica de fototrampeo durante el tiempo de muestreo. Se estimó el porcentaje de ocurrencia y de co-ocurrencia de ambas especies de felinos y de pecaríes en las aguadas para cada año de muestro. Y como una forma más directa de verificar las posibles interacciones entre las especies se registraron eventos de co-ocurrencia en intervalos de 1, 12 y 24 horas. Además, se realizaron

análisis de regresión simple entre el número de visitas de las dos especies de pecaríes y el número de visita de jaguares y pumas, para comprobar si la presencia de los pecaríes determina la presencia de los depredadores en las aguadas.

Relación entre la disponibilidad de agua y la presencia de pecaríes y sus depredadores

Se realizaron regresiones logísticas para relacionar la disponibilidad de agua y su variación en los cinco años de muestreo con la presencia de las cuatro especies. La disponibilidad de agua se introdujo como una variable de presencia/ausencia, utilizando los registros fotográficos y las revisiones bimestrales para crear una matriz del tiempo en que cada aguada presentó agua (Anexo 1) y se relacionó con el número de registros de las especies obtenidos mensualmente en las aguadas. Los análisis de regresión lineal y logística se realizaron en el software R (R Core Team, 2018, R Studio ver. 1.1.463) y se consideraron significativos con un valor de $p < 0.05$.

Resultados

Uso de aguadas

Índice de abundancia de registros fotográficos

El esfuerzo de muestreo en los cinco años de muestreo fue de 13,744 días-trampa. El IA en las aguadas para el PLB fue de 20.67 (registros/1000 días-trampa). La abundancia estimada para la época de secas (22.88 registros/1000 días-trampa) fue mayor comparada con la época de lluvia (18.35 registros/1000 días-trampa), pero estos resultados no fueron estadísticamente distintos ($W=66.5$, $p= 0.77$). Sin embargo, al comparar la abundancia entre los años de muestreo si se encontraron diferencias ($H= 22.53$, $p= <0.01$). En el año 2018 no se presentaron registros de la especie por lo tanto fue diferente a los otros años (2014, 2015, 2016 y 2017; ($p= <0.05$). El IA del PLB entre las aguadas también fue diferente estadísticamente ($H=19.35$, $P=0.04$). El 67.73% de

los registros del PLB ocurrieron en cuatro aguadas específicas: A4, CO, CA y GRI, las cuales fueron diferentes a BA, BO, DA y Km46 ($P < 0.05$) (Figura 2). Las aguadas más visitadas por el PLB en 2014 fueron Ca, y Gri, en 2015: Co y Km20, en 2016: Ca y Gri, en 2017: A4 y Co (Anexo 1).

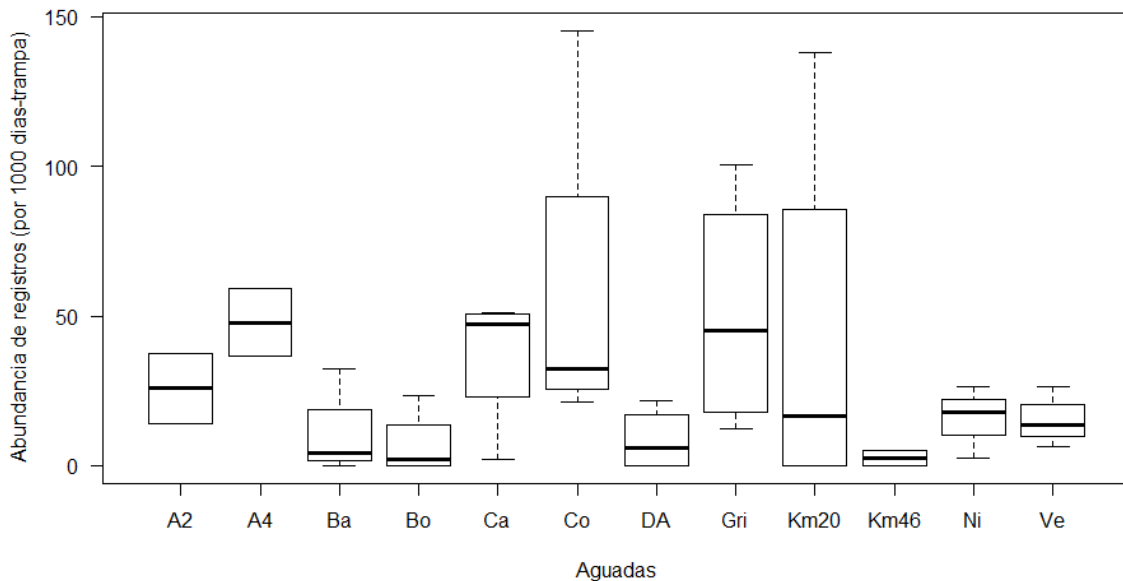


Figura 2. Abundancia de visitas del PLB en las aguadas de la RBC (2014-2018).

Para el PC, el IA general fue de 32.15 (registros/1000 días-trampa), y en la época de secas de 31.27 (registros/1000 días-trampa) y muy similar con 32.96 (registros/1000 días-trampa) en la época de lluvias ($W=64$ $p= 0.67$). Al comparar este índice entre los años de muestreo no se encontraron diferencias significativas; ($H= 1.98$, $p= 0.73$); sin embargo, sí se encontraron diferencias en la abundancia entre aguadas ($H =29.23$, $p=0.002$). El 69.45% de los registros del PC ocurrieron en las aguadas: BA, DA, KM20 y VE, las cuales fueron estadísticamente diferentes a A4, BO, CO, Ca y GRI ($p<0.05$) (Figura 3). Las aguadas más visitadas por el PC fueron: en el 2014: DA, en 2015: Ba; en 2016 Ba, y Km20, en 2017: Ba y Km20 y en 2018: DA.

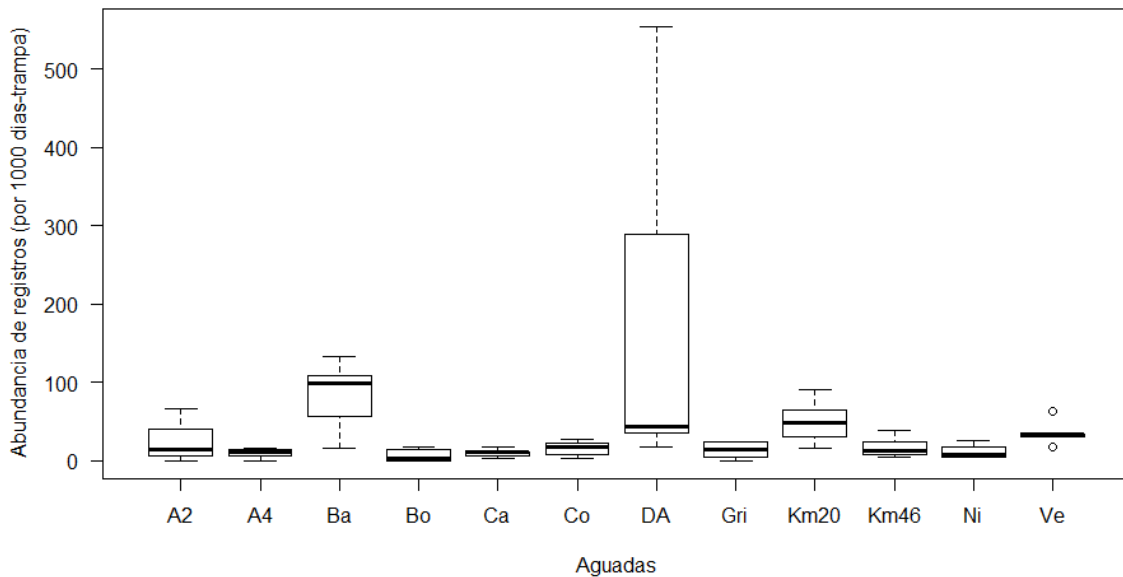


Figura 3. Abundancia de registros del PC en las aguadas de la RBC (2014-2018)

Patrones de actividad

Los patrones de actividad del PLB y del PC en las aguadas fueron principalmente diurnos (06:00-18:00 h). El PLB concentró su actividad entre las 10:00 y 12:00 h (μ : 11.06) (Figura 4A), mientras que el PC fue más activo de las 6:00 a las 10:00 h (μ : 9.17) (Figura 4B) y disminuyó considerablemente su actividad después del mediodía (Figura 4). Sin embargo, se obtuvo un alto nivel de solapamiento en los patrones de actividad de los pecaríes para los cinco años de estudio Δ : 0.79 (IC 95% 0.69-0.83) (Figura 5).

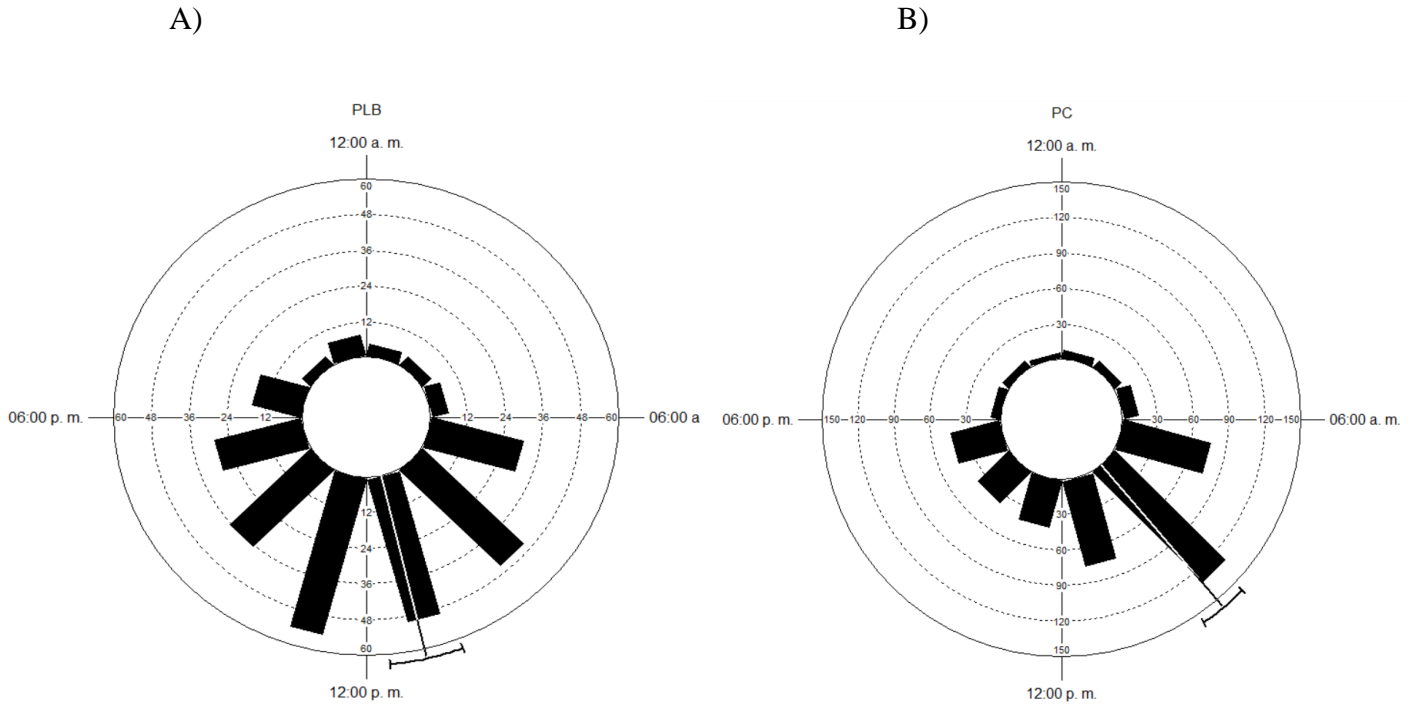


Figura 4. Patrones de actividad del PLB (A) y del PC (B) en las aguadas de la RBC

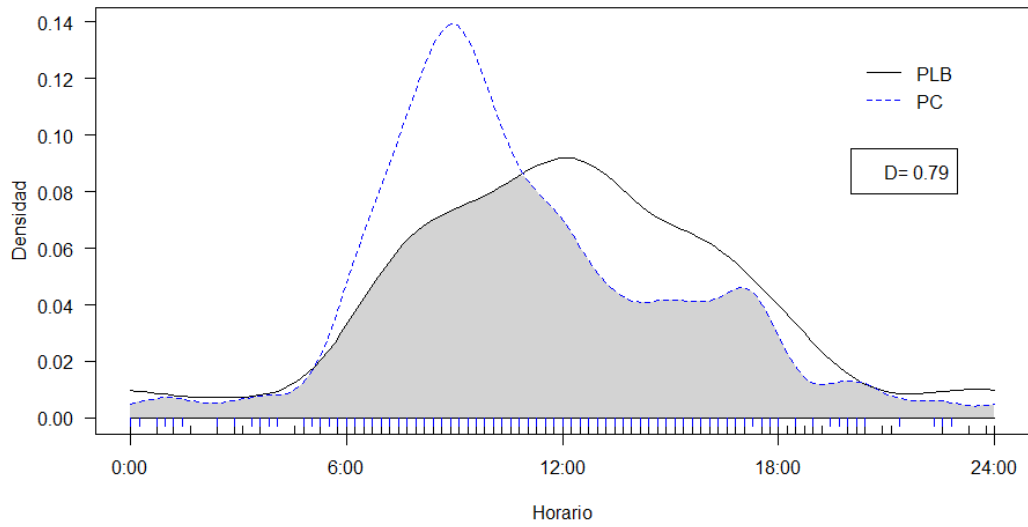


Figura 5. Proporción de solapamiento (D: coeficiente de solapamiento) en los patrones de actividad del PLB y el PC en la RBC.

Ocurrencia y co-ocurrencia entre pecaríes y sus depredadores

Se registró tanto al PLB como al PC en todas las aguadas muestreadas. Sin embargo, su presencia varió cada año, siendo la ocurrencia del PC mayor que la del PLB en cuatro de los cinco años de muestreo. La tasa de co-ocurrencia también varió entre los diferentes años en un patrón decreciente, y si consideramos solo las aguadas en donde estuvo presente el PLB, la co-ocurrencia fue mayor que en los sitios con solo la presencia del PC (Tabla 1). Se obtuvieron 10 eventos de co-ocurrencia entre los pecaríes en un lapso menor de 24 horas y en todos los casos el PLB precedió al PC.

Tabla 1. Ocurrencia y co-ocurrencia de *Tayassu pecari* (PLB) y *Pecari tajacu* (PC) en las aguadas en la Reserva de la Biosfera Calakmul. ^a

Años	Tasa de ocurrencia PLB	Tasa de ocurrencia PC	Co-ocurrencia Global	Aguadas con presencia de PLB	Aguadas con presencia de PC
2014	88.9%	100%	88.8%	100%	88.8%
2015	88.9%	100%	80%	100%	80%
2016	83.3%	75%	58.3%	70%	77.7%
2017	67%	100%	66.6%	100%	66.6%
2018	0%	83.3%	-	-	-

- a. Co-ocurrencia global (% de aguadas en donde estuvieron presentes las dos especies). Aguadas con presencia del PLB (coocurrencia considerando solo las aguadas donde estuvo presente el PLB) Aguadas con presencia de PC (co-ocurrencia considerando solo las aguadas con presencia de PC).

Pecaríes y jaguar

La co-ocurrencia en las aguadas entre el jaguar y el PLB de manera general fue mayor en comparación con el PC, excepto en 2018 donde no se obtuvo ningún registro de PLB y la co-

ocurrencia entre el jaguar y el PC aumentó (Tabla 2). De la misma manera, el porcentaje de ocurrencia del jaguar en las aguadas con solo presencia de PLB en los cuatros años de muestreo que estuvo presente la especie, fue mayor que en las aguadas con solo presencia del PC. Se registraron 19 eventos de co-ocurrencia entre el jaguar y el PLB en periodos menores a 24 horas (en 13 eventos el jaguar precedió al PLB y en 6 eventos el PLB precedió al jaguar); el mayor número de los registros obtenidos se presentó entre 2014 y 2015. Entre el jaguar y el PC se obtuvo un total de 12 registros de co-ocurrencia (en 7 eventos el jaguar precedió al PC y en 5 el PC precedió al jaguar), de los cuales 6 se obtuvieron en 2018 (Tabla 3). En los análisis de regresión se obtuvieron valores significativos en la relación del jaguar y el PLB a lo largo de todos los años ($t = 2.594$, $p: 0.0106$) pero no entre el jaguar y el PC ($t = -0.467$, $p: 0.64515$).

Tabla 2. Co-ocurrencia del jaguar y *Tayassu pecari* (PLB)/ *Pecari tajacu* (PC) en las aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul ^a.

Años	Co-ocurrencia Global PLB	Co-ocurrencia Global PC	Aguadas con presencia de PLB	Aguadas con presencia de PC
2014	77.7%	77.7%	87.5%	77.7%
2015	90%	90%	100%	90%
2016	91.6%	66.6%	100%	88.8%
2017	83.3%	66.6%	87.5%	66.6%
2018	-	83.3%	-	90%

- a. Co-ocurrencia global (% de aguadas en donde estuvieron presentes las dos especies). Aguadas con presencia del PLB (co-ocurrencia considerando solo las aguadas donde estuvo presente el PLB). Aguadas con presencia de PC (co-ocurrencia considerando solo las aguadas con presencia de PC).

Tabla 3. Eventos de co-ocurrencia entre el jaguar y las dos especies de pecaríes en la misma aguada, considerando periodos de 1, 12 y 24 horas en la RBC.

J-PLB

Años	Tipo de sucesión	Co-ocurrencia 24 horas	Co-ocurrencia 12 horas	Co-ocurrencia 1 horas
2014	J precede PLB	2	0	0
	PLB precede J	1	1	1
2015	J precede PLB	2	5	0
	PLB precede J	1	1	0
2016	J precede PLB	0	1	0
	PLB precede J	0	0	0
2017	J precede PLB	1	1	1
	PLB precede J	0	1	0

J-PC

Años	Tipo de sucesión	Co-ocurrencia 24 horas	Co-ocurrencia 12 horas	Co-ocurrencia 1 horas
2014	J precede PC	1	0	0
	PC precede J	1	1	0
2015	J precede PC	1	0	0
	PC precede J	0	0	0
2016	J precede PC	0	0	0
	PC precede J	0	0	0
2017	J precede PC	0	2	0
	PC precede J	0	0	0
2018	J precede PC	2	1	0
	PC precede J	0	3	0

Pecaríes-Puma

Para el puma, el porcentaje de co-ocurrencia con el PC fue mayor que con el PLB en todos los años, al igual que el porcentaje de co-ocurrencia en las aguadas con solo la presencia de la primera especie (Tabla 4). Se obtuvieron 10 eventos de co-ocurrencia con el PLB en menos de 24 horas (en 7 eventos el puma precedió al PLB, y en 3 el PLB precedió al puma) y 44 eventos entre el puma y el PC (en 19 eventos el puma precedió al PC y en 25 el PC precedió al puma); el mayor número de registros entre pumas y PC se obtuvo 2018 (Tabla 5). La regresión lineal mostró una relación

significativa entre la presencia del puma y la presencia del PC ($t= 3.002$, $p=0.003$), pero no se encontró relación entre el puma y el PLB ($t= -0.45$, $p=0.9643$),

Tabla 4. Co-ocurrencia del puma y *Tayassu pecari* (PLB)/ *Pecari tajacu* (PC) en las aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul ^a.

Años	Co-ocurrencia Global PLB	Co-ocurrencia Global PC	Aguadas con presencia de PLB	Aguadas con presencia de PC
2014	77.7%	88.8%	87.5%	88.8%
2015	80%	100%	100%	100%
2016	83.3%	83.3%	88.8%	88.8%
2017	41.6%	91.65%	87.5%	91.6%
2018	-	91.6%	-	100%

- a. Co-ocurrencia global (% de aguadas en donde estuvieron presentes las dos especies). Aguadas con presencia del PLB (coocurrencia considerando solo las aguadas donde estuvo presente el PLB) Aguadas con presencia de PC (co-ocurrencia considerando solo las aguadas con presencia de PC).

Tabla 5. Eventos de co-ocurrencia entre el puma y las dos especies de pecaríes en la misma aguada, considerando periodos de 1, 12 y 24 horas.

P-PLB

Años	Tipo de sucesión	Co-ocurrencia 24 horas	Co-ocurrencia 12 horas	Co-ocurrencia 1 horas
2014	P precede PLB	0	1	0
	PLB precede P	0	1	0
2015	P precede PLB	2	0	0
	PLB precede P	0	1	0
2016	P precede PLB	0	2	0
	PLB precede P	1	0	0
2017	P precede PLB	1	1	0
	PLB precede P	0	0	0

P-PC

Años	Tipo de sucesión	Co-ocurrencia 24 horas	Co-ocurrencia 12 horas	Co-ocurrencia 1 horas
2014	P precede PC	1	6	0
	PC precede P	0	2	1
2015	P precede PC	0	2	0
	PC precede P	1	1	1
2016	P precede PC	0	1	0
	PC precede P	0	1	2
2017	P precede PC	3	0	0
	PC precede P	0	4	1
2018	P precede PC	1	5	0
	PC precede P	1	7	3

Relación entre la disponibilidad de agua con la presencia de pecaríes y sus depredadores

La disponibilidad de agua en las aguadas varió de manera importante entre los cinco años de estudio. En 2014 el 90% de las aguadas muestreadas presentaban agua en la temporada de estiaje; sin embargo, en 2015 solo el 30% presentó agua en la misma temporada. En 2016 y 2017 el porcentaje de aguadas con agua en esa temporada disminuyó al 25%. Y finalmente para el 2018, el 50% de las aguadas presentaron agua en esta temporada. Algunas aguadas mantuvieron agua después de 4 años de permanecer secas, sin embargo, en el mes de agosto todas las aguadas se secaron y se mantuvieron de esta manera hasta finalizar el año (Anexo 2).

Los análisis de regresión logística relacionaron la presencia tanto del jaguar ($z= 2.504$, $p= 0.0123$) y el PLB ($z= 2.817$, $p= 0.004$) con la disponibilidad de agua; contrario a esto se obtuvo una relación negativa entre la presencia del puma y la disponibilidad de agua ($z= -3.457$ $p= >0.001$) y para el PC el agua no fue un factor determinante para su presencia ($z= 1.152$, $p=0.249$) (Anexo 3).

Discusión

Uso de aguadas

La disminución de la disponibilidad de agua y consecuente la desecación de cuerpos de agua de la RBC durante los cinco años de estudio se relacionó directamente con la abundancia y distribución del PLB. En los primeros años de muestreo se obtuvo la mayor abundancia de registros de la especie, y su actividad se concentró principalmente en las aguadas que presentaron agua. Se ha reportado mediante estudios de telemetría que los grupos de PLB limitan sus ámbitos hogareños a estos cuerpos de agua durante la época seca y durante la época de lluvias los grupos tienden a ser más móviles y desplazarse grandes distancias (Fragoso 1998; Reyna-Hurtada et al. 2009). En 2017 al comenzar la temporada de lluvia, todas las aguadas muestreadas se encontraban secas y fue en ese periodo en el que se registró por última vez al PLB en las aguadas en ese año y en todo el 2018 donde no se obtuvo ningún registro de esta especie. Debido a que el PLB tiene la capacidad de moverse constantemente y los grupos son capaces de recorrer distancias largas en un solo día, es probable que se hayan desplazado a zonas más húmedas en búsqueda de agua saliendo de la zona protegida. Este comportamiento fue descrito para un grupo de PLB a través del seguimiento por telemetría en la misma zona (Reyna-Hurtado, et al. 2009).

Para el PC, la disponibilidad de agua no tuvo una relación significativa con su presencia o abundancia. Esta especie concentró su actividad en cuatro aguadas específicas, las cuales permanecieron secas la mayor parte del tiempo de monitoreo y fueron menos visitadas por el PLB. La abundancia y la tasa de ocurrencia fue mayor para el PC en comparación con el PLB. El PC estuvo presente en todas las aguadas en tres de los cinco años de muestreo, mientras que el PLB tuvo una tasa de ocurrencia decreciente a través de los años. Sin embargo, la abundancia del PC en las aguadas donde estuvo presente el PLB fue muy baja, y la mayoría de las visitas las realizó en los periodos en los que el PLB se encontraba ausente. Los eventos de co-ocurrencia que se

registraron en 24 y 12 horas ocurrieron en estas mismas aguadas y el PLB siempre precedió al PC. No obstante, después de la llegada del PLB el PC no volvió a visitar esos sitios en semanas o meses, evitando coincidir con el PLB. En los años 2017-2018 se obtuvieron los registros menos frecuentes del PLB, y en ellos el PC incrementó la frecuencia de registros en las aguadas con presencia de agua, las cuales no utilizaba mientras el PLB estaba presente. Lo anterior sugiere una posible diferenciación en el uso de las aguadas por las dos especies y confirma la dominancia del PLB sobre el PC cuando ambas especies coexisten (Sowls 1997; Fragoso 1999; Keuroghlian et al. 2004).

Debido al aumento en la duración de los periodos secos en la región de Calakmul y a la disminución de la disponibilidad de agua, es probable que la competencia entre ambas especies de pecaríes por interferencia se maximice (Abrams y Chen 2002). Dado el mayor tamaño corporal del PLB y a que forma grupos más grandes, puede considerarse como una especie dominante en la competencia por espacio ante el PC, por lo que el uso diferencial de las aguadas que observamos en este estudio puede ser un comportamiento para evitar al PLB por parte del PC. El PLB como especie dominante disminuye el acceso del PC (especie subordinada) al agua, utilizando los mejores sitios y desplazando al PC a las aguadas con menos oferta de agua. En un estudio realizado en África entre elefantes y otros herbívoros en cuerpos de agua, se observó un comportamiento similar en donde la presencia y distribución de los elefantes condiciona el patrón de distribución de las especies subordinadas (Valeix et al. 2007). Pese a las diferentes estrategias que los pecaríes han desarrollado para diferenciarse y permitir la partición de recursos, ante la escasez de un recurso fundamental como el agua, la coexistencia puede dificultarse y dar paso a una competencia temporal entre el PLB y el PC (Hardin 1960).

El PLB y el PC visitaron las aguadas principalmente durante el día y tuvieron escasa actividad nocturna; este mismo patrón ha sido reportado en las aguadas del Parque Nacional

Laguna del Tigre (Moreira- Ramírez et al. 2016) y del Parque Nacional Mirador-Río Azul en Guatemala (Moreira-Ramírez et al.2015) para el PLB, y en las aguadas de la Región de Calakmul para ambas especies (Briceño-Méndez et al. 2016). Se detectó un alto nivel de solapamiento en la actividad de los pecaríes, aunque los picos de actividad no fueron iguales (PBL: 10:00-14:00 h; PC: 6:00 -10:00 h). Lo anterior puede deberse a que el PLB se distribuyó principalmente en aguadas con presencia de agua, por lo que su alta frecuencia de actividad registrada en los cuerpos de agua durante las horas más calurosas indica un posible uso de estos sitios para refrescarse, beber y descansar (Sowls, 1997). Al mismo tiempo el PC mantuvo una mayor frecuencia de visitas en aguadas con poca disponibilidad de agua, y posiblemente disminuyendo su actividad en los periodos más calurosos en comparación con el PLB. También cabe señalar que estos resultados concuerdan con estudios del PC donde se ha reportado que esta especie no depende tanto de la disponibilidad de agua ya que habita incluso en zonas áridas como Texas o Nuevo México en EUA, presentando características fisiológicas que favorecen la disipación del calor y previenen la deshidratación, como su capacidad para reducir la pérdida de agua por evaporación y micción, y su capacidad de duplicar su concentración osmótica en la orina (Sowls 1997; Zervanos 1977; Hellgren 1984).

Ocurrencia y co-ocurrencia entre pecaríes y sus depredadores

Al analizar la presencia de ambas especies de pecaríes con la de sus depredadores, encontramos que la presencia del jaguar se relacionó significativamente con la del PLB. El PLB se ha asociado como una de las presas favoritas del jaguar (Aranda 1994, Hernández 2008), por lo que es posible que las aguadas sean utilizadas como sitios de caza para este depredador debido a la frecuencia de uso de estos sitios por parte de los grupos de pecaríes. A pesar de lo anterior, en los eventos de ocurrencia observamos que son pocos en los que estas especies co-ocurren en un mismo sitio en

periodos menores a 24 horas, la mayoría de los eventos se presentaron con una diferencia de un mes. La disponibilidad de agua se asoció con la presencia del PLB y del jaguar. Ambas especies hicieron uso de las únicas aguadas que mantenían agua durante los periodos secos, por lo que la mayor abundancia de registros de jaguar en los mismos sitios con presencia de PLB pudo deberse a que dichas aguadas fueron la única fuente de agua para satisfacer sus necesidades corporales y a que la presencia de agua condiciona una mayor diversidad y abundancia de presas para este depredador, entre ellas el PLB (Martínez Ku et al. 2008).

Contrario a lo anterior, la presencia del puma estuvo asociada al PC. La literatura resalta que en los lugares donde los jaguares y pumas son simpátricos, exista una ventaja competitiva de los primeros, por lo que al igual que para las especies de pecaríes la segregación en el uso del espacio puede ser una estrategia importante en la mediación de la coexistencia entre estos depredadores (Foster et al. 2013). El puma es una especie más adaptable a los hábitats secos al igual que el PC, por lo que la disponibilidad de agua puede no ser un factor determinante en su distribución, pero posiblemente si la disponibilidad de presas. Las aguadas donde se distribuyó principalmente el PC se han secado y en ellas la vegetación ha crecido, por lo que son sitios altamente visitados por venados (Ramírez-Ortiz 2016). Algunas especies como los venados no beben regularmente de las aguadas, pero forrajean oportunamente en estos sitios, lo cual podría relacionarse también directamente con la presencia de los pumas (Aranda y Sanchez-Cordero 1996; Hernández 2008).

Este estudio demostró que los pecaríes son sensibles a la variabilidad en la disponibilidad de agua, a la presencia de la otra especie y a la de sus dos principales depredadores en la región de Calakmul. La desaparición del PLB en la temporada de lluvias de 2017 y todo 2018, puede deberse

a que esta especie se está desplazando a lugares más húmedos, lo cual evidencia las predicciones de los modelos propuestos por O’Farrill et al. (2014) sobre la capacidad de movimiento de los grupos de esta especie para alejarse de los sitios con mayor escasez y visitar otras zonas con más agua. Otra posibilidad es que se presentara un evento de mortalidad masiva, debido a que en los meses secos de 2017 se encontraron evidencias de varios animales muertos en menos de un mes (Reyna-Hurtado obs. pers.); por lo cual debería confirmarse en estudios futuros. Dados los rápidos efectos del cambio climático en Calakmul y a las predicciones de sequías aún más extremas en la región (IPCC 2007) es posible que otras especies como el jaguar tiendan también a moverse cada vez más hacia los límites de la RBC o fuera de ella. Sin embargo, la respuesta de las especies dependerá tanto de su capacidad de movimiento como de sus requerimientos de agua, y de sus relaciones con las otras especies, por lo que comprender estas relaciones es clave para entender el funcionamiento del ecosistema de Calakmul y nos permitirá elaborar estrategias de manejo y conservación de los pecaríes y sus depredadores en un sistema cambiante que está siendo fuertemente afectado por el cambio climático.

Agradecimientos

Agradezco a El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) unidad Campeche, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyt) por permitirme realizar este proyecto. A la Dirección de la Reserva de la Biosfera Calakmul por todas las facilidades brindadas; y especialmente agradezco a nuestro guía de campo, N. Arias, por todo su conocimiento y apoyo para el desarrollo de este estudio. Este estudio fue financiado por Conacyt Ciencia Básica 2012 a través del proyecto 182386 a RRH.

Literatura Citada

Abrams, P. A y X. Chen. 2002. The evolution of traits affecting resource acquisition and predator vulnerability: character displacement under real and apparent competition. *Am Nat* 160:692–704.

Amín, M. 2004. Patrones de alimentación y disponibilidad de presas del jaguar (*Panthera onca*) y del puma (*Puma concolor*) en la Reserva de la Biósfera Calakmul, Campeche, México. Tesis, Instituto de Ecología, UNAM, México D. F.

Aranda, M. 1994. Importancia de los pecaríes (*Tayassu* spp.) en la alimentación del jaguar (*Panthera onca*). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (62), 11-22.

Aranda, M. y V. Sánchez-Cordero. 1996. Prey spectra of jaguar (*Panthera onca*) and puma (*Puma concolor*) in tropical forests of Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 31(2), 65-67.

Beck, H., A. Keuroghlian, R. Reyna-Hurtado, M. Altrichter and J. Gongora. 2017. White-lipped peccary *Tayassu pecari* (Link, 1795). In book: *Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries*, Chapter: 25, Publisher: Cambridge University Press, Editors: M. Melletti, E. Meijaard, pp.265-276. DOI10.1017/9781316941232.027.

Briceño-Méndez, M., Naranjo, E. J., Mandujano, S., Altricher, M., y R. Reyna-Hurtado. 2016. Responses of two sympatric species of peccaries (*Tayassu pecari* and *Pecari tajacu*) to hunting in Calakmul, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 9(3), 1940082916667331.

Foster, R. J., Harmsen, B. J., y C.P. Doncaster. 2010. Habitat use by sympatric jaguars and pumas across a gradient of human disturbance in Belize. *Biotropica*, 42(6), 724-731.

Foster, V.C; Sarmiento, P; Sollmann, R; Torres, N; Jácomo, ATA; Negroes, N; Fonseca, C. y L. Silveira. 2013. Jaguar and puma activity patterns and predator prey interactions in four Brazilian biomes. *Biotropica* 45(3):373-379.

Fragoso, J. M. V. 1998. Home range and movement patterns of white-lipped peccary (*Tayassu pecari*) herds in the northern Brazilian Amazon. *Biotropica* 30:458-469.

Fragoso J.M.V. 1999. Perception of scale and resource partitioning by peccaries: Behavioral causes and ecological implications. *Journal of Mammalogy*, 80(3): 993-1003

Galindo-Leal, C. 1999. La gran región de Calakmul: Prioridades biológicas de conservación y propuesta de modificación de la Reserva de la Biosfera. Reporte Final a World Wildlife Fund – México, México D.F. 40 pp.

García Gil, G., March, I; Castillo, M; Osorio, M; Vázquez, R; González, R; Mosnreal, J; Valencia, E; Méndez, D y J. C. Fernández. 1999. Base geográfica digital de la Reserva de la Biosfera Calakmul, El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad,

García Gil, G., Palacio Prieto, J. L., y M. A. Ortiz Pérez. 2002. Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México. *Investigaciones geográficas*, (48), 7-23.

García-Gil, G. 2003. Colonización humana reciente y formación del paisaje agrario en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México (Ph.D. Dissertation). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F

García-Marmolejo, G y L. Chapa-Vargas. 2015. Landscape composition influences abundance patterns and habitat use of three ungulate species in fragmented secondary deciduous tropical forests, Mexico. *Global ecology and conservation*,3:744–755.

Hardin, G. 1960. The competitive exclusion principle. *Science* 131:1292–1297.

Hellgren, E. C., y J. A. Bissonette. 1984. Collared peccary. In: *Wild mammals of North America, biology, Management and Con-servation*. Feldharmer, G. A., B. C. Thompson, y J. A. Chapman. John Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, EUA

Hernández, C. G. E. 2008. Dieta, uso de hábitat y patrones de actividad del puma (*Puma concolor*) y el jaguar (*Panthera onca*) en la selva maya. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva época)*, 12(1), 113-130.

Hernández Silva, D.A. 2013. Pecarí de collar (Pecari tajacu L.) en la región Nopala-Hualtepec, Hidalgo, México. Tesis de Maestría por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K. and Reisinger,(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 104.

Keuroghlian A., Eaton D.P. y W. S. Longland. 2004. Area use by white-lipped and collared peccaries (Tayassu pecari and Tayassu tajacu) in a tropical forest fragment. *Biological Conservation* 120: 411-425.

Kovack, W. L. 1994. "Oriana for Windows". Versión 1.03. Kovack Computing Services. Wales, UK.

Magrin, G., García, C. G., Choque, D. C., Giménez, J. C., Moreno, A. R., Nagy, G. J. y A. Villamizar. 2007. Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden and CE Hanson, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615.

Mardero, S; Nickl , E; Schmook, B; Schneider L; J .Rogan. 2012. Sequias en el sur de la península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del instituto de Geografía,UNAM, México* 78: 19–33.

Martínez-Kú, D. H., Escalona-Segura, G., y J.A. Vargas-Contreras. 2008. Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. *Avances en el estudio de los mamíferos II. Asociación Mexicana de Mastozoología AC México*, 449-468.

Meredith, M. y M. Ridout.2014. Overview of the overlap package. *R. Proj.*, 1-9.

Morales, R. y S. Magaña. 2001. Fuentes de impacto, necesidades de investigación científica y monitoreo en Calakmul, Campeche. *Pronatura península de Yucatán, A. C. y The Nature Conservancy, México*, D. F. 81 p.

Moreira-Ramírez, J.F., López, J. E; García-Anleu, R; Córdova, F y T. Dubón. 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* 6:469-482.

Moreira-Ramírez, J. F., Reyna-Hurtado, R., Hidalgo-Mihart, M., Naranjo, E., Ribeiro, M., Garcia-Anleu, R y G. Ponce-Santizo. 2016. Importance of waterholes for white-lipped peccary (*Tayassu pecari*) in the Selva Maya, Guatemala. *Therya*, 7(1), 51-64

Moreno, R. S. 2008. Información preliminar sobre la dieta de Jaguares, y pumas en Cana, Parque Nacional Darién, Panamá. *Tecnociencia*

O’Farrill, G., Schampaert, K. G., Rayfield, B., Bodin, Ö., Calme, S., Sengupta, R., & A. Gonzalez. 2014. The potential connectivity of waterhole networks and the effectiveness of a protected area under various drought scenarios. *PloS one*, 9(5), e95049.

Pennington, T. D., y J. Sarukhán. 1998. Árboles tropicales de México. UNAM. Fondo de cultura económica. México DF ISBN, 968(36), 6428.

Ramírez Ortiz L.M. 2016. Abundancia relativa y patrones de actividad por venados en dos sitios de la Región de Calakmul. Tesis de Licenciatura de la Universidad Autónoma de Campeche.

R CORE TEAM. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation 503 for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Reyna-Hurtado, R., Rojas-Flores, E., & G. Tanner. W. 2009. Home range and habitat preferences of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) in Calakmul, Campeche, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 90(5), 1199-1209.

Reyna-Hurtado, R., O’Farril, G., Sima, D., Andrade, M., Padilla, A., y L. Sosa. 2010. Las aguadas de Calakmul, reservorios de fauna Silvestre y de la riqueza natural de México. *Biodiversitas*, 93, 1-6.

Reyna-Hurtado, R., Chapman, C. A., Calme, S., & E. J. Pedersen. 2012. Searching in heterogeneous and limiting environments: foraging strategies of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*). *Journal of Mammalogy*, 93(1), 124-133.

Reyna-Hurtado, R., Naranjo, E; Mandujano S. y I. March . 2014. Pecaríes en México. Wildlife of Mexico. Pp 353-375. Ed. Raul Valdez and A. Ortega. BBA Biblioteca Básica de Agricultura, Colegio de Postgraduados

Reyna-Hurtado, R., Keuroghlian, A; Altrichter, M; Beck, H. y J. Gongora. 2017. Collared Peccary Pecari spp. (Linnaeus, 1758) In book: Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries, Chapter: 24, Publisher: Cambridge University Press, Editors: M. Melletti, E. Meijaard, pp.255-264. DOI10.1017/9781316941232.026

Ridout, M.S., y M. Linkie. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. Journal of agricultural, biological and environmental statistics, 14, 32-337.

Rohlf, F. J., y R. R Sokal.1981. Comparing numerical taxonomic studies. Systematic Biology, 30(4), 459-490.

Sowls L. K. 1997. Javelinas and other peccaries: their biology, management, and use. The Texas A&M University Press. College Station, EE. U

Valeix, M., Chamaillé-Jammes, S. y H. Fritz. 2007. Interference competition and temporal niche shifts: elephants and herbivore communities at waterholes. Oecologia, 153(3), 739-748.

Zervanos, S. M., and G. I. Day. 1977. Water and Energy-Requirements of Captive and Free-Living Collared Peccaries. Journal of Wildlife Management 41: 527-532.

Zuniga-Morales, J.A. y D. Sima-Pantí. 2015. Estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático en Calakmul: una historia de éxito. Boletín de la Comunidad de Aprendizaje de Áreas Naturales Protegidas, 1: 5-9

Conclusión General

La Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC) representa el último refugio en México para poblaciones de mamíferos tropicales en peligro de extinción como el tapir (*Tapirus bairdii*), el jaguar (*Panthera onca*) y el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*). En los últimos años las sequías cada vez más prolongadas en la región han ocasionado la disminución de la disponibilidad de agua, afectando directamente a las poblaciones silvestres (Mardero et al., 2012; Zúñiga-Morales y Sima-Panti, 2015). El agua representa un factor determinante en los patrones de distribución y abundancia de la mayoría de los ungulados (Rautenstrauch y Krausman, 1989, Mandujano y Gallina, 1995, Redfern et al., 2003, Reyna-Hurtado et al., 2012); por lo que entender como las especies utilizan estos cuerpos de agua es fundamental para su conservación y el manejo de las áreas naturales protegidas.

En este estudio se encontró un cambio importante en los patrones de la disponibilidad de agua en las aguadas en la parte sur de la RBC, la mayor parte de agua muestreados permaneció secos durante la mayor parte del estudio. Y cuatro aguadas no volvieron a mantener agua después del año 2014, probablemente estos sitios hayan perdido su capacidad de retención, debido al compactamiento del suelo como consecuencia de las sequías recurrentes en estos cinco años. Cabe mencionar que del 2014 al 2018 se ha reportado el periodo de sequía más grave de los últimos 20 años en la región (CONAGUA, 2019).

Estos cambios en la variabilidad de agua se relacionaron directamente con la distribución y abundancia principalmente del pecarí de labios blancos. La abundancia de frecuencia de visita de esta especie a los cuerpos de agua fue disminuyendo a través de los años, y en el 2018 no se obtuvo ningún registro de la especie. Es posible que los grupos se estén moviendo fuera de la reserva hacia zonas más húmedas, o pueda deberse a la muerte de los individuos como consecuencia del estrés calórico y de la deshidratación por falta de agua, lo cual debería de confirmarse en futuro. La relación que se encontró entre el pecarí de labios blancos y los jaguares se asoció con la presencia de agua en las aguadas por lo que es posible que otras especies como el jaguar tiendan a moverse también cada vez más hacia los límites de la RBC o fuera de

ella en búsqueda de este recurso, perdiendo así el área protegida su capacidad de conservación.

El pecarí de labios blancos ha desaparecido en un 80% de su área de distribución en Costa Rica, Honduras, Guatemala y México (Altrichter et al., 2012; Portillo y Elvir, 2016), y solo el 17% de las poblaciones remanentes muestra una tendencia estable o creciente dentro de los grandes bloques de bosque intactos y/o áreas protegidas (Reyna-Hurtado et al., 2017). Dada su vulnerabilidad, la presencia de grupos de esta especie en las áreas protegidas de Mesoamérica es un indicador de un buen estado de conservación de dichas áreas, y evidencia la importancia que estos sitios representan para la especie. En ese sentido, la disminución en la disponibilidad de agua dentro de la RBC se ha convertido en una fuerte amenaza para la población del pecarí de labios blancos en la región, que además es considerada la población más importante en todo Mesoamérica (Reyna-Hurtado et al., 2017), aunado a otras amenazas como la cacería y la fragmentación de su hábitat en las comunidades aledañas a la RBC.

Para el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y el puma (*Puma concolor*) la disponibilidad de agua no tuvo una relación significativa con su presencia o abundancia. Este resultado no es sorprendente ya que el pecarí de collar se ha descrito como una especie generalista que habita en una variedad amplia de hábitats incluyendo zonas áridas, y ha desarrollado características que favorecen la disipación del calor y previenen la deshidratación, lo cual les permite adaptarse a los ambientes secos (Sowls, 1997; Reyna-Hurtado et al., 2014). Esto confirma que la respuesta de las especies al cambio en la disponibilidad de agua depende de diversos factores: como la capacidad de moverse y de soportar el estrés hídrico, así como de sus requerimientos de agua. Sin embargo, en situaciones extremas, cuando las especies no tienen la capacidad de moverse largas distancias o no pueden adaptarse, pueden ocurrir casos de muerte masivas y de posibles extinciones locales (Foley et al., 2008), por lo que es necesario entender la relación entre la variabilidad de agua y las consecuencias para la supervivencia de las especies (Kaeslin et al., 2013).

Los resultados de este estudio evidencian los cambios acelerados que se han observado en los últimos años en la disponibilidad de agua en la RBC, y al efecto que estos cambios pueden estar teniendo en especies amenazadas que están asociadas a

estos sitios, como el pecarí de labios blancos. Debido a que los modelos climáticos prevén periodos de sequías cada vez más frecuentes y fuertes en la región (Magrin et al., 2007), entender como las especies utilizan los cuerpos de agua y como están respondiendo y adaptándose al cambio es fundamental para generar estrategias de conservación. Es importante también la generación de herramientas y estrategias de manejo de los cuerpos de agua a largo plazo que permitan la provisión de agua para la fauna dentro de la reserva, sin embargo, sugerimos que cualquier intervención debe ir acompañada de un monitoreo riguroso que asegure los beneficios de la manipulación. Aunado a esto enfatizamos en la importancia de extender las acciones de conservación a las comunidades aledañas, monitoreando y protegiendo las aguadas de mayor tamaño o estableciendo de común acuerdo con los habitantes de dichas comunidades algunas aguadas como santuarios de fauna silvestre; considerando estas acciones como las principales prioridades de conservación para la biodiversidad en la región.

Referencias

Altrichter M, Taber A, Beck H, Reyna-Hurtado R, Keuroghlian K. 2012. Might the white-lipped peccary become ecologically extinct? : A report of range-wide declines for a critical Neotropical ecosystem architect. *Oryx* 46:87-98.

Aranda M. 1994. Importancia de los pecares (*Tayassu spp.*) en la alimentación del jaguar (*Panthera onca*). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (62), 11-22.

Aranda M. 1990. El jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, México: morfometría, hábitos alimentarios y densidad de población. Tesis de maestría. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe. Universidad Nacional Costa Rica.

Bakkenes M, Alkemade JRM, Ihle F, Leemans R, Latour JB. 2002. Assessing effects of forecasted climate change on the diversity.

Beck H, Keuroghlian A, Reyna-Hurtado R, Altrichter M, Gongora J. 2017. White-lipped peccary *Tayassu pecari* (Link, 1795). In : Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries, Chapter: 25, Publisher: Cambridge University Press, Editors: M. Melletti, E. Meijaard, pp.265-276. DOI10.1017/9781316941232.027.

Briceño-Méndez M, Naranjo EJ, Mandujano S, Altricher M, Reyna-Hurtado R. 2016. Responses of two sympatric species of peccaries (*Tayassu pecari* and *Pecari tajacu*) to hunting in Calakmul, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 9(3), 1940082916667331.

Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional, www.cna.gob.mx.

Escamilla A, Sanvicente M, Sosa M, Galindo-Leal C. 2000. Habitat mosaic, wildlife availability, and hunting in the tropical forest of Calakmul, México. *Conservation Biology* 14:1592-1601.

Foley C, Pettoirelli N, Foley L. 2008. Severe drought and calf survival in elephants. *Biology Letters*, 4(5), 541-544.

García-Gil G, Palacio Prieto JL, Ortiz Pérez MA. 2002. Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México. *Investigaciones geográficas*, (48), 7-23.

García-Marmolejo G, Chapa-vargas L. 2015. Landscape composition influences abundance patterns and habitat use of three ungulate species in fragmented secondary deciduous tropical forests, Mexico. *Global ecology and conservation*,3:744–755.

Hernández-Huerta, A, Sosa V, Aranda M, Bello J. 2000. Records of small mammals in the Calakmul Biosphere Reserve, Yucatan Peninsula. *The Southwestern Naturalist*. 45:340-344.

Hernández Silva, DA. 2013. Pecarí de collar (*Pecari tajacu* L.) en la región Nopala-Hualtepec, Hidalgo, México. Tesis de Maestría por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R. K. and Reisinger,(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 104.

Kaeslin E, Redmond I, Dudley N. 2013. *La fauna silvestre en un clima cambiante*. FAO, Roma (Italia).

Krausman P. 2002. *Introduction to wildlife management*. Prentice Hall, Nueva Jersey, EEUU.

Maffei L, Cuellar E, Noss A. 2004. One thousand jaguars (*Panthera onca*) in Bolivia's Chaco? camera trapping in the Kaa-lyá National Park. *J. Zool.* 262: 295-304.

Magrin G., García CG, Choque DC, Giménez J, Moreno AR, Nagy GJ, Villamizar A. 2007. Latin America. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden and CE Hanson, Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615.

Mandujano S, Gallina S. 1995. Disponibilidad de agua para el venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio de México. *Vida Silvestre Neotropical.* 4:107-118.

Márdero S, Nickl E, Schmook B, Schneider L, Rogan J. 2012. Sequias en el sur de la península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del instituto de Geografía, UNAM, México* 78: 19–33.

Martínez-Kú DH, Escalona-Segura G, Vargas-Contreras JA. (2008). Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. *Avances en el estudio de los mamíferos II. Asociación Mexicana de Mastozoología AC México*, 449-468.

O'Farrill G, Schampaert KG, Rayfield B, Bodin Ö, Calme S, Sengupta, R, González A. 2014. The potential connectivity of waterhole networks and the effectiveness of a protected area under various drought scenarios. *PloS one*, 9(5), e95049.

Paine CET, Beck H, Terborgh J. 2016. How mammalian predation contributes to tropical tree community structure. *Ecology*, 97: 3326–3336. doi:10.1002/ecy.1586

Peres CA, Emilio T, Schiatti J, Desmoulière SJM, Levi T. 2016. Dispersal limitation induces long-term biomass collapse in overhunted Amazonian forests.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 113(4), 892–897.

Peterson AT, Martínez-Meyer E, González-Salazar C, Hall PW. 2004. Modeled climate change effects on distributions of Canadian butterfly species. *Canadian Journal of Zoology*, 82, 6: 851-858.

Pianka ER. 1983. *Evolutionary ecology*. 3 Ed. New York: Harper and Row Publishers. New York, USA.

Portillo H, ELVIR F. 2016. Distribución potencial de la jaguilla (*Tayassu pecari*) en Honduras. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva época)*, 6(1):15-23.

Rautenstrauch KR, Krausmann PR. 1989. Influence of water availability on rainfall and movements of desert mule deer. *Journal of Mammalogy* 70:197-201.

Redfern JV, Grant R, Biggs H, Getz WM. 2003. Surface-water constraints on herbivore foraging in the Kruger National Park, South Africa. *Ecology* 84: 2092-2107.

Reyna-Hurtado R, Rojas-Flores E, Tanner GW. 2009. Home range and habitat preferences of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) in Calakmul, Campeche, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 90(5), 1199-1209.

Reyna-Hurtado. R., Jeremy Radachowsky, Lee Mcloughlin, Daniel Thornton, José F. Moreira-Ramirez, Rony Garcia-Anleu, Gabriela Ponce-Santizo, Roan McNab, Fabricio Diaz-Santos, Fausto Elvir, et al. 2017. White-lipped Peccary in Mesoamerica: Status, Threats and Conservation Actions. *Suiform Soundings* 15(2), 31-35.

Reyna-Hurtado R, Naranjo E, Mandujano S, March I. 2014. Pecaríes en México. *Wildlife of México*. Pp 353-375. Ed. Raul Valdez and A. Ortega. BBA Biblioteca Básica de Agricultura, Colégio de Postgraduados.

Reyna-Hurtado R, Chapman CA, Calme S, Pedersen EJ. 2012. Searching in heterogeneous and limiting environments: foraging strategies of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*). *Journal of Mammalogy*, 93(1), 124-133.

Reyna-Hurtado R, O'Farril G, Sima D, Andrade M, Padilla A, Sosa L. 2010. Las aguadas de Calakmul: Reservorios de vida silvestre y riqueza natural de México. *CONABIO. Biodiversitas*, 93:1-6.

Székely A. 2009. Latinoamérica y la biodiversidad. Hacia un instrumento regional interamericano sobre la biótica. *Experiencias y expectativas*, 1-418.

Sowls LK. 1997. Javelinas and other peccaries: their biology, management, and use. The Texas A&M University Press. College Station, EE. U

Weber M. 2000. Effects of hunting on tropical deer populations in Southeastern México. M.Sc. Thesis. Royal Veterinary College. University of London. London, United Kindom.

Zúñiga-Morales JA, Sima-Pantí D. 2015. Estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático en Calakmul: una historia de éxito. *Boletín de la Comunidad de Aprendizaje de Áreas Naturales Protegidas*, 1: 5-9.

Anexos

Anexo 1. Registros y abundancias (IA) del PLB y el PC en las aguadas de la RBC del 2014 al 2018.

Aguadas	2014				2015				2016				2017				2018			
	PLB		PC		PLB		PC		PLB		PC		PLB		PC		PLB		PC	
	R	IA	R	IA	R	IA	R	IA	R	IA	R	IA	R	IA	R	IA	R	IA	R	IA
Aguada 2	-	-	-	-	-	-	-	-	7	37.43	0	0	2	14.18	2	14.18	0	0	17	66.15
Aguada 4	-	-	-	-	-	-	-	-	10	59.17	0	0	11	36.42	5	16.56	0	0	3	11.67
Baños	2	32.26	1	16.13	1	5.24	19	99.48	1	3.55	16	56.74	0	0	23	109.52	0	0	17	133.86
Bonfil	0	0	3	14.29	1	4.35	4	17.39	4	23.26	0	0	0	0	1	3.72	0	0	0	0
Calakmul	14	50.36	3	10.79	13	44.07	1	3.39	18	50.99	4	11.33	1	2.13	8	17.06	0	0	2	6.94
Corriente	8	29.74	1	3.72	33	145.37	2	8.81	8	21.11	7	18.47	14	34.83	11	27.36	0	0	8	22.79
D. Aguadas	4	21.86	53	289.62	0	0	4	43.96	0	0	2	18.18	2	11.76	6	35.29	0	0	66	554.62
Griselda	21	100.48	3	14.35	10	23.42	2	4.68	25	67.02	9	24.13	5	12.41	10	24.81	0	0	0	0
Km 20	10	32.89	15	49.34	25	138.12	3	16.57	0	0	11	30.14	0	0	15	65.5	0	0	12	91.6
Km 46.5	1	4.95	8	39.6	0	0	1	23.81	2	5.13	5	12.82	0	0	1	4.41	0	0	2	7.97
Nico	-	-	-	-	4	26.49	4	26.49	7	17.68	4	10.1	1	2.48	2	4.95	0	0	2	5.46
Verde	7	26.22	17	63.67	5	14.25	6	17.09	3	12.93	7	30.17	2	6.21	11	34.16	0	0	3	38.96

Anexo 2. Disponibilidad de agua en las aguadas del 2014 al 2018.

2014	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Baños												
Bonfil												
Calakmul												
Corriente												
Dos Aguadas												
Griselda												
Km 20												
Km 46.5												
Verde												
2015	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Baños												
Bonfil												
Calakmul												
Corriente												
Dos Aguadas												
Griselda												
Km 20												
Km 46.5												
Nico												
Verde												
2016	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Aguada 2												
Aguada 4												
Baños												
Bonfil												
Calakmul												
Corriente												
Dos Aguadas												
Griselda												
Km 20												
Km 46.5												
Nico												
Verde												
2017	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Aguada 2												
Aguada 4												
Baños												
Bonfil												
Calakmul												
Corriente												
Dos Aguadas												
Griselda												
Km 20												
Km 46.5												
Nico												
Verde												
2018	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Aguada 2												
Aguada 4												
Baños												
Bonfil												
Calakmul												
Corriente												
Dos Aguadas												
Griselda												
Km 20												
Km 46.5												
Nico												
Verde												

	Presencia de agua
	Ausencia de agua

Anexo 3. Modelos de regresión lineal simple para la ocurrencia del PLB el PC y sus predadores.

	Estimado	SE	t	P
Intercepto	0.08872	0.37528	0.236	0.8135
Jaguar-PLB	0.50520	0.19475	2.594	0.0106 *
Intercepto	1.4311	0.5820	2.459	0.0153
Jaguar -PC	-0.1409	0.3020	-0.467	0.6415
Intercepto	0.621638	0.283744	2.191	0.0296
Puma-PLB	-0.000653	0.145210	-0.45	0.9643
Intercepto	0.2729	0.4474	0.610	0.54261
Puma-PC	0.6874	0.2290	3.002	0.00303*

Modelos de regresión logística entre la ocurrencia del PLB, el PC y sus predadores con la disponibilidad de agua. AIC-criterio de información de Akaike.

3-

	Estimado	SE	t	P	AIC
Intercepto	-0.64056	0.08495	-7.540	0.001	856.8
PLB-DA	0.17968	0.06379	2.817	0.00485*	
Intercepto	-0.59548	0.08501	-7.005	0.001	866.74
PC-DA	0.04277	0.03712	1.152	0.249	
Intercepto	-0.64834	0.08786	-7.379	0.001	861.58
Jaguar -DA	0.25687	0.10259	2.509	0.013*	
Intercepto	-0.40251	0.09137	-4.405	0.001	853.5
Puma -DA	-0.38453	0.11124	-3.457	0.000547*	