

# Use of artificial drinking fountains by the Central American agouti (*Dasyprocta punctata*) in the Calakmul biosphere reserve in Mexico

## Uso de bebederos artificiales por el sereque centroamericano (*Dasyprocta punctata*) en la Reserva de la biosfera Calakmul, México

Borges-Zapata, Jessica Y.<sup>1</sup>; Contreras-Moreno, Fernando M.<sup>2,3\*</sup>; Serrano-Mac-Gregor, Isabel<sup>2</sup>; Sima-Pantí, David E.<sup>3</sup>; Coutiño-Cal y Mayor, C.<sup>3</sup>; Zúñiga-Morales, José A.<sup>3</sup>; Duque-Moreno, Víctor D.<sup>4</sup>; Hernández-Pérez, Edwin L.<sup>5</sup>; López-Chan, J. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Chetumal, Av. Insurgentes 330, Col. David Gustavo Gutiérrez; Chetumal, Quintana Roo, México. C. P. 77013. <sup>2</sup>Proyecto GEF Especies en Riesgo. CONANP-PNUD, Reserva de la Biósfera de Calakmul, C. Puerto Rico S/N, Col. Fundadores, Campeche, México. C. P. 24640. <sup>3</sup>Reserva de la Biósfera de Calakmul/CONANP, C. Puerto Rico S/N, Col. Fundadores, 24640, Calakmul, Campeche, México. <sup>4</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, C. Batalla 5 de mayo S/N, Col. Ejercito Oriente, 09230, Iztapalapa, Ciudad de México, México. <sup>5</sup>Dirección de las Reservas Estatales Balam-Kin y Balam-Ku, Secretaría de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambio Climático (SEMABICC), San Francisco de Campeche, Campeche.

\*Autor para correspondencia: fernandomarcos28@gmail.com

### ABSTRACT

**Objective:** We describe the use of artificial drinking fountains by the Central American agouti (*Dasyprocta punctata*) in the Calakmul Biosphere Reserve, Mexico.

**Design/methodology/approach:** Eight artificial drinking fountains were monitored each one with a camera trap with the aim to estimate the relative abundance index and activity patterns of visits to the drinking fountains. The monitoring was during the dry season of 2019. The analyzes were carried out with the InfoStat and R programs.

**Results:** From January to May 2019, with a sampling effort of 1121 days/camera, average abundance of  $160.08 \pm 85.44$ . The pattern of visits to the drinking troughs was mainly diurnal.

**Limitations/Implications:** The water shortage in the Calakmul region limits this monitoring system, as water for drinking supply must be transported from distant distances.

**Findings/conclusions:** The implementation of artificial drinking fountains in the RBC during the dry season was a successful action to mitigate the effects of water scarcity. The use of the water resource by the Central American agouti in artificial drinking fountains was constant, other species of mammals and birds were also observed making use of artificial drinking fountains.

**Keywords:** habitat management, relative abundance index, photo trapping, daytime pattern.

### RESUMEN

**Objetivo:** Describir el uso de bebederos artificiales por el sereque (*Dasyprocta punctata*) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, México.

**Agroproductividad:** Vol. 13, Núm. 1, enero, 2020. pp: 51-58.

**Recibido:** agosto, 2019. **Aceptado:** diciembre, 2019.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se monitorearon ocho bebederos artificiales cada uno con una cámara trampa con la finalidad de estimar el índice de abundancia relativa y los patrones de actividad de visitas a los bebederos. El monitoreo fue durante la temporada de secas del 2019. Los análisis se realizaron con los programas R e InfoStat.

**Resultado:** De enero a mayo de 2019, con un esfuerzo de muestreo de 1121 días/cámara se obtuvo un índice de abundancia de 160.08 individuos/1000 días-cámara. El patrón de visitas a los bebederos fue principalmente diurno.

**Limitaciones/implicaciones:** La escasez de agua en la región de Calakmul, limita este sistema de monitoreo, ya que el agua para el abastecimiento de los bebederos debe ser transportada desde distancias lejanas.

**Hallazgos/conclusiones:** La implementación de bebederos artificiales en la RBC durante la temporada de seca fue una acción de éxito para mitigar los efectos de la escasez de agua. El aprovechamiento del recurso agua por el sereque en los bebederos artificiales fue constante, también se observaron otras especies de mamíferos y aves haciendo uso de los bebederos artificiales.

**Palabras clave:** manejo de hábitat, índice de abundancia relativa, foto trapeo, patrón de actividad.

protegidas (ANP; Sutherland *et al.*, 2018), evitando así que los animales se adentren en un hábitat inhóspito donde podrían morir (sitios fuera de ANP). Por otro lado, los bebederos han sido concebidos como una estrategia que puede contribuir al mantenimiento de las poblaciones de fauna silvestre en el corto plazo, permitiendo el acceso al agua durante la época de estiaje.

La región de la "Selva Maya", en el sureste de México en la que se encuentra inmersa la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC), carece de ríos caudalosos o cuerpos de agua superficiales extensos (García-Gil *et al.*, 2002). Las fuentes de agua disponibles son lagunas someras (conocidas localmente como aguadas; Reyna-Hurtado *et al.*, 2019a,b). En los últimos años en la región de Calakmul se han registrado una disminución en los patrones de precipitación (Dobler-Morales, 2018), lo que ha ocasionado que las "aguadas" no capten el agua suficiente para mantenerse llenas durante la temporada de sequía. Esta situación es preocupante ya que en esta región, la selección de hábitat por parte de los mamíferos superiores y medianos se ve fuertemente influenciada por la disponibilidad de agua (Briceño-Méndez *et al.*, 2014; O'Farrill *et al.*, 2014; Reyna-Hurtado *et al.*, 2019a, b). Aunado a lo anterior, Delgado-Martínez *et al.* (2018), reportaron que los mamíferos que visitan con mayor frecuencia las sartenejas (cavidades naturales en las rocas, que retienen agua durante la temporada de sequía) fueron la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) el tepezcuintle (*Cuniculus paca*) y el sereque (*Dasyprocta punctata*).

## INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para todos los organismos vivos, y aunque algunos animales terrestres son capaces de satisfacer la mayoría de sus necesidades con la humedad de sus alimentos (Nagy y Gruchacz, 1994), muchos otros dependen del acceso a fuentes de agua dulce, especialmente durante ciertos períodos críticos del año (Moro-Ríos *et al.*, 2008). La disponibilidad de agua es uno de los recursos específicos que pueden influir en la distribución espacial de la fauna silvestre en diferentes grados (Paredes *et al.*, 2017), provocando en algunos casos cambios en el comportamiento de los animales (Hofmann *et al.*, 2015).

A nivel mundial se ha reportado la implementación de bebederos artificiales para fauna silvestre como una estrategia exitosa para mitigar las consecuencias de la falta de agua en las épocas de sequía (Epaphras *et al.*, 2008; Mandujano-Rodríguez y Hernández, 2019). Dentro de ellos se han beneficiado a mamíferos, aves y anfibios. La implementación de estas fuentes de agua artificial comprende diversas estrategias, en algunos casos se busca poder concentrar las poblaciones de fauna silvestre dentro de áreas selectas como las áreas naturales



Los mamíferos medianos como el sereque son definidos como importantes consumidores y dispersores de frutos y semillas, lo que le permite ser un protagonista en la dinámica forestal de los bosques tropicales (Aliaga-Rossel et al., 2006). De hecho, actúan como importantes dispersores de semillas del árbol de guapinol (*Hymenaea courbaril*) debido a que necesitan movilizar el fruto hasta un lugar seguro para consumirlo, además de no destruir las semillas a diferencia de otros roedores o los pecaríes (Hallwachs, 1986).

Tanto la dispersión como la depredación de semillas afecta la sobrevivencia y el renuevo de las plantas, lo que es determinante en la estructuración y el mantenimiento de la diversidad de los bosques (DeMattia et al., 2006). En los bosques tropicales, la mayoría de las especies arbóreas dependen de la fauna para dispersar sus semillas (Jordano, 2000; Jordano et al., 2006; Acevedo-Quintero y Zamora-Abrego, 2016).

En la RBC el sereque es una especie que cumple el rol de dispersor de semillas e interactúa con cuerpos de agua (Delgado-Martínez et al., 2018), es por eso que el objetivo del presente estudio fue describir el uso de bebederos artificiales por el sereque (*Dasyprocta punctata*) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, durante la temporada de sequía del 2019.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La Reserva de la Biósfera Calakmul (RBC) se encuentra dentro de la península de Yucatán al sureste del

estado de Campeche. Es parte de la Gran Región de Calakmul que incluye la Reserva de la Biosfera Maya en Guatemala y el área de conservación del Río Bravo Dos Milpas en Belice. Cuenta con una extensión de 723,185.12 ha (Reyna-Hurtado et al., 2019b). La RBC presenta un clima cálido y subhúmedo (Aw), con una temperatura media anual de 24.6 °C, la altura máxima sobre el nivel medio del mar se encuentra en el cerro Champerico con 390 m sobre el nivel del mar y la mínima varía de 100 a 150 m. Los tipos de vegetación dominantes son las selvas medianas subperennifolias, selvas medianas subcaducifolias y las selvas bajas subcaducifolias (Martínez y Galindo, 2002; Martínez-Kú et al., 2008).

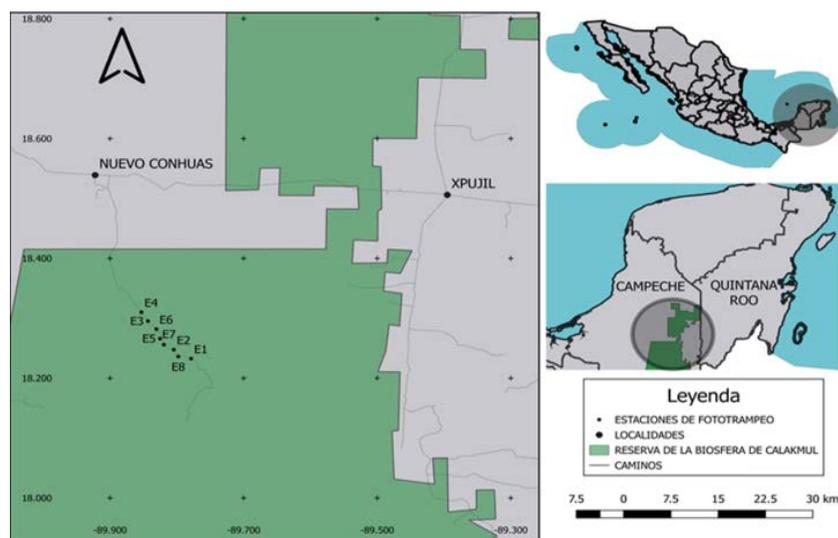
### Instalación de bebederos

Como parte de los esfuerzos que realiza la (RBC)/ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) para combatir los efectos del cambio climático en la región (reflejados en la reducción en los regímenes de precipitación; Dobler, 2018) se instalaron ocho bebederos artificiales de plástico negro (marca Rotoplas®), con capacidad para 300 L cada uno. Los bebederos fueron distribuidos a lo largo del camino de acceso de la RBC (Figura 1), considerando una distancia mínima de 2 km entre cada estación (bebedero). Los bebederos fueron abastecidos de agua para fauna silvestre, con una periodicidad de ocho días. Inicialmente se pretendía evaluar el funcionamiento de los bebederos como fuente de agua funcional para fauna silvestre, para lo cual, se colocó a cada bebedero una cámara trampa, con el fin de detectar a los sereques que frecuentaran aquellas especies que ocurrieran en el sitio para tomar agua.

### Obtención de datos con Cámaras trampa

Las cámaras trampa se han utilizado ampliamente para estudiar mamíferos en ambientes tropicales (por ejemplo, Ahumada et al., 2013; Rovero et al., 2014).

El registro fotográfico de mamíferos utilizando cámaras trampa ha sido un método muy utilizado y eficiente en la región de Campeche (Hidalgo-Hihart et al., 2017a,b). En el caso de la región de Calakmul, las cámaras trampa han sido efectivas para registrar la presencia de diversas especies de mamíferos (Pérez-Cortez et al., 2012. Bri-ceño-Méndez et al., 2014; Ramírez, 2016).



**Figura 1.** Localización de bebederos artificiales (E1-E8) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul (Polígono verde), Campeche, México.

Entre los meses de noviembre y diciembre de 2018, se colocaron ocho cámaras trampa digitales: Cudddeback (Non Typical Inc., De Pere, WI, USA), distribuidas a lo largo del área de estudio (Cuadro 1, Figura 1) con el objetivo de verificar la presencia de mamíferos medianos y grandes (jaguar y tapir como especies prioritarias). El área de estudio corresponde a zonas adyacentes a la carretera que se dirige a la zona arqueología de Calakmul (del km 20 al km 47). La localización precisa de los bebederos se puede observar en la Figura 1.

El sitio de colocación de las cámaras trampa correspondió al mismo sitio en el que se establecieron los bebederos (Cuadro 1). En cada sitio se colocó una cámara trampa, el número de días que permanecieron activas varió dependiendo del funcionamiento de cada aparato, el número de días mínimo que se mantuvieron las cámaras operando fue de 143 días. Las cámaras se colocaron a 50 cm del suelo, en árboles que se encontraban adyacentes al bebedero, se programaron para tomar fotografías durante las 24 horas del día, con intervalos de 5 s entre cada fotografía. Se mantuvo una distancia mínima de 2 km entre las cámaras (misma distancia que se mantuvo para los bebederos).

Después de la colocación de las cámaras, éstas se revisaron en un lapso de tres semanas. En cada revisión se descargaron las fotografías, a las que se les asignó una clave de registro, finalmente se verificó el buen funcionamiento de las cámaras y se reemplazaron las baterías en caso de que fuera necesario (Hidalgo-Mihart *et al.*, 2017a,b). La identificación de especies se realizó de manera manual, generando una planilla con los siguientes datos: estación, nombre cámara, fecha, hora, especie, nombre imagen y cantidad de individuos. Después de la obtención de las fotografías, con las mismas se construyó una base de datos utilizando CamtrapR automatizado en R (Niedballa *et al.*, 2019).

**Cuadro 1.** Coordenadas de las estaciones de fototrampeo en bebederos en la carretera de acceso a la Reserva de la Biosfera de Calakmul.

REFERENCIA	ID CÁMARA	X	Y
	16Q		
BBKM28	GEFCUD4	198403	2026857
BBKM30	GEFCUD3	199417	2025207
BBKM32	GEFCUD6	200733	2023695
BBKM34	GEFCUD5	201284	2021934
BBKM36	GEFCUD7	201868	2020796
BBKM38	GEFCUD2	203430	2019851
BBKM40	GEFCUD8	204126	2018570
BBKM42	GEFCUD1	206151	2018146

**Análisis de datos**

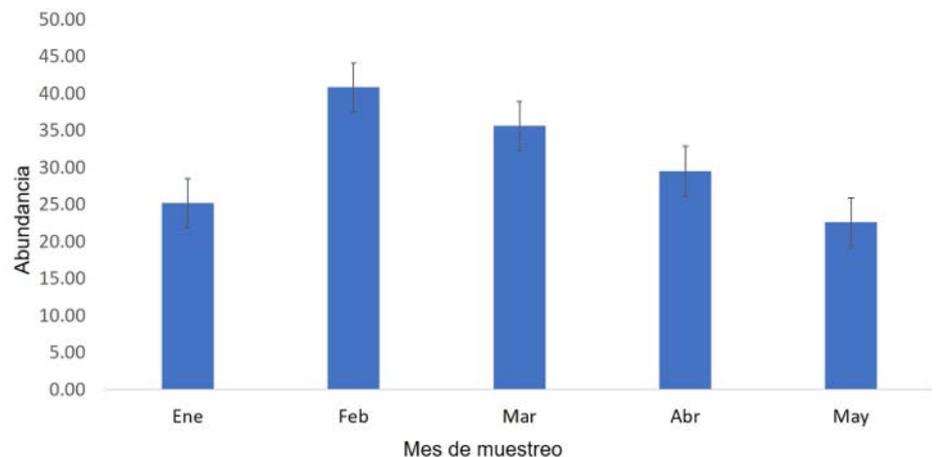
**Índice de abundancia**

Para obtener el índice de abundancia relativa por especie (IAR) se utilizó la fórmula:

$$IAR = C/EM * 1000 \text{ días trampa}$$

donde C=capturas o eventos independientes fotografados, EM= esfuerzo de muestreo (número de cámaras trampa por día de monitoreo) y 1000 días-trampa (unidad estándar) (Hernández-Pérez *et al.*, 2015).

Para evitar sobre-estimaciones en la cantidad de individuos registrados, para los análisis solo fueron considerados registros independientes (O’Brien, 2011). Se consideró como registro independiente a las fotografías consecutivas de individuos de diferentes especies y a las fotografías de individuos de la misma especie separadas por más de 24 h. En el caso de observarse más de un individuo en un registro independiente, solo



**Figura 2.** Registros del sereque (*Dasyprocta punctata*) durante la estación de seca del año 2019 en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México.

se tomó como un registro (Figura 2). En las fotografías donde aparecieron varios individuos de la misma especie o diferentes especies, los registros fueron considerados como el total de individuos capturados (Monroy-Vilchis et al., 2011).

Se compararon las tasas de visita de la especie para cada estación de monitoreo y para cada mes, mediante un Análisis de Varianza de una vía (ANOVA), y una prueba a posteriori HSD Fisher. Las pruebas se realizaron en el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2014) y R (R Core Team, 2017).

### Patrones de actividad

El patrón de actividad fue evaluado para el sereque en el área de estudio mediante estadística circular, para identificar si existían diferencias entre los horarios de visitas, durante los diferentes meses de muestreo se realizó una prueba Watson-Williams con el software Oriana 4.0 (Kovach Computing Service, 2011). Los análisis se realizaron con los paquetes estadísticos Activity versión 3.5.1 hechos en el programa estadístico R 3.4.0 (Rowcliffe, 2016).

Para conocer el patrón de visita de los sereques en los bebederos, se empleó el paquete R overlap (Ridout y Linkie, 2009).

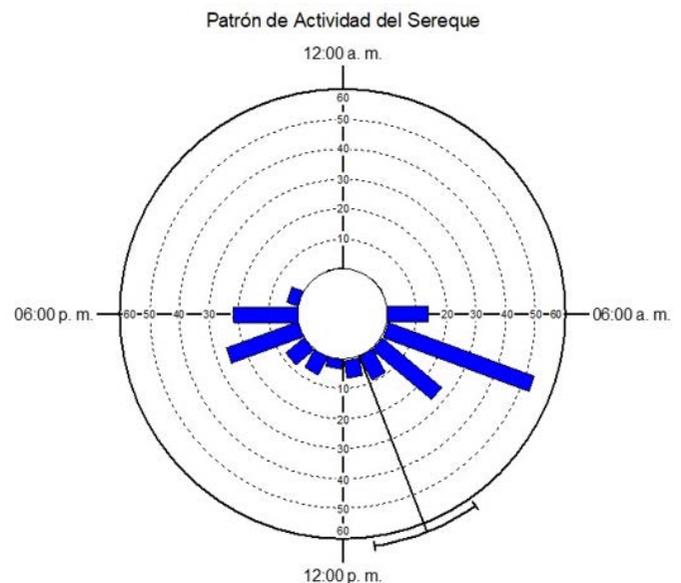
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De enero a mayo de 2019, con un esfuerzo de muestreo fue de 1121 días/cámara, se obtuvieron 177 registros independientes del sereque (Figura 2). Se estimó una abundancia relativa promedio de  $160.08 \pm 85.44$ , por mes se tuvo una abundancia en enero de 25.17, febrero de 40.80, marzo de 35.59, abril de 29.51 y mayo de 22.57. Se observaron diferencias altamente significativas, con un vector medio a las 10:34 con una varianza circular de  $0.58$  ( $r=0.42 \pm 0.58$ ,  $p < 0.001$ ), de igual forma entre los meses de muestreo se identificaron diferencias altamente significativas ( $p = < 0.001$ ).

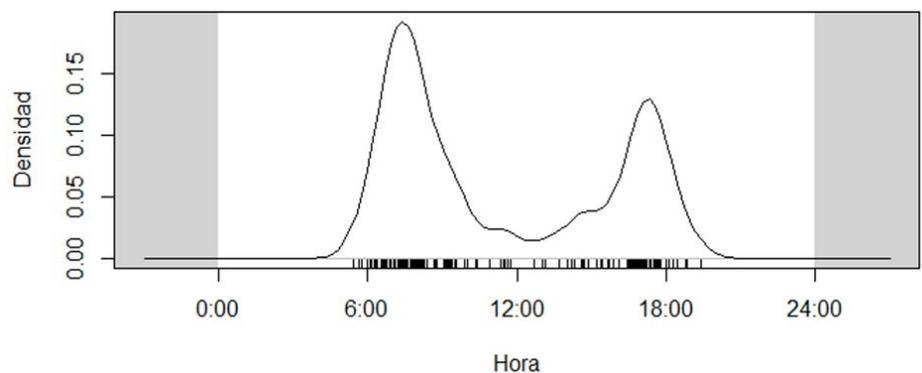
Los bebederos están siendo utilizados constantemente por los sereques, lo que queda demostrado por su alta tasa de visita de estos roedores. El patrón de actividad de los sereques durante las visitas a los bebederos fue principalmente

diurno (Figura 3, Figura 4 y Figura 5), probablemente porque, es mucho más seguro para la especie moverse durante el día, ya que los principales depredadores se mueven durante la noche. Se sabe que algunos roedores pueden variar su comportamiento para optimizar el equilibrio entre la búsqueda de alimento y el refugio, aunque pueden optar por adaptar sus periodos de actividad en respuesta a la variación temporal en el riesgo de depredación (Suselbeek, 2009; Aliaga-Rossel et al., 2008; Harmsen et al., 2011).

En México se han realizado estudios que muestran el uso que dan los mamíferos a fuentes de agua tanto naturales como artificiales, los que sugieren, que los bebederos son una herramienta útil no solo en zonas de clima árido, sino en zonas que presenten temporalidad y fenología



**Figura 3.** Patrones de actividad del sereque (*Dasyprocta punctata*) durante la estación de seca del año 2019 en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. Se observa que la mayor actividad de visita a los bebederos, se da durante las primeras horas de la mañana.



**Figura 4.** Patrones de actividad del sereque en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México.

marcadas (Delgado-Martínez *et al.*, 2017; Martínez-Kú *et al.*, 2008). Además, la instalación de bebederos para fauna silvestre es una práctica común al interior de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) (Gastelum-Mendoza *et al.*, 2014; Treviño-Ruiz, 2010).

En esta región, algunas especies de mamíferos han mostrado una asociación positiva entre los patrones de ocupación y las fuentes de agua permanentes (Reyna-Hurtado *et al.*, 2009; O´Farrill *et al.*, 2014; Reyna-Hurtado *et al.* 2012; 2015), al igual que en diversos bosques tropicales semiáridos (Rich *et al.*, 2016).

Los sereques en la RBC mostraron un uso constante de los bebederos artificiales a pesar del color, el olor y la forma de los bebederos, lo que confirma que los bebederos son funcionales para especies pequeñas, y que son una opción viable para mitigar los efectos de la falta de agua en la región de Calakmul. La actividad de los depredadores en Quintana Roo es principalmente nocturna (Ávila-Nájera *et al.*, 2016), lo que podría influenciar los patrones de actividad de los sereques.

El agua es un tema de suma importancia ya que la falta de ésta, por disminución en la precipitación, puede provocar la muerte por deshidratación de animales con cuerpos de gran tamaño como los jaguares, tapires y pecarís de labios blancos (Gandiwa *et al.*, 2016). Por lo tanto, el uso de bebederos artificiales es una buena alternativa para garantizar la disponibilidad de agua en

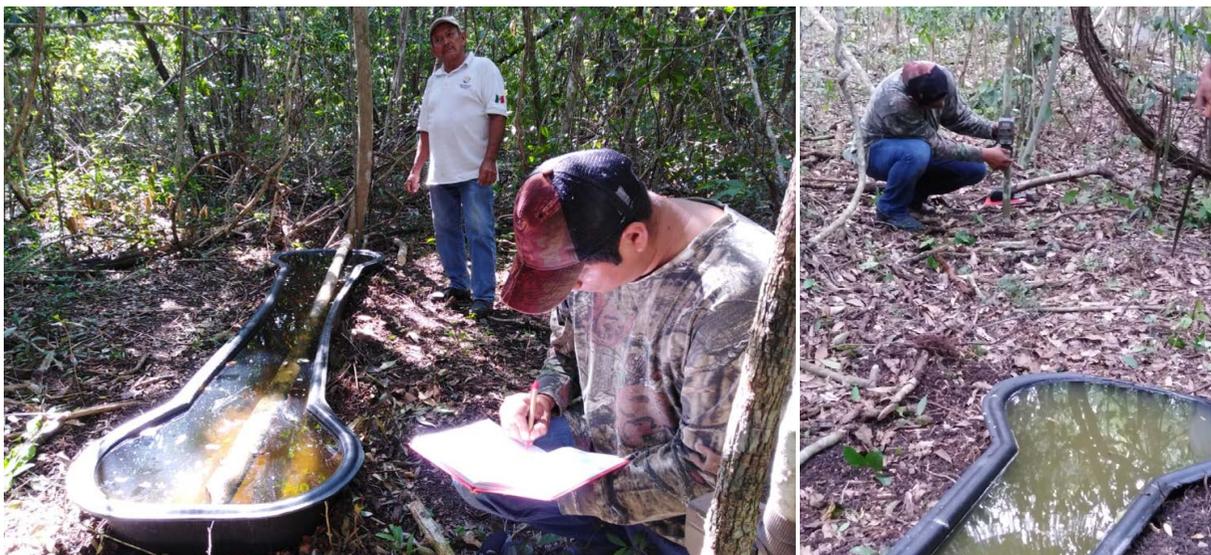


**Figura 5.** Los sereques visitaron de manera constante los bebederos en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, durante la temporada de secas 2019.

temporada de secas (Mandujano-Rodríguez & Hernández, 2019). Cabe señalar que el suministro de agua para la fauna silvestre es importante para reducir el problema de escasez de agua (Epaphras *et al.*, 2008), debido a ello, las fuentes de agua artificial son una buena herramienta para atender los problemas que traen consigo las sequías y que tanto afecta a la fauna nativa. Los bebederos además de permitir que algunos individuos obtengan agua, hacen posible que individuos de diversas poblaciones interactúen entre sí, lo que podría considerarse como un sitio para la socialización.

## AGRADECIMIENTOS

Al proyecto 00092169: "Fortalecimiento del manejo del Sistema de Áreas Protegidas para mejorar la conservación de especies en riesgo y sus hábitats", implementado por el Programa de las Naciones Unidas



para el Desarrollo (PNUD), ejecutado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés). A los compañeros de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, que siempre estuvieron dispuestos a apoyar el proyecto de monitoreo.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo-Quintero, J. F., & Zamora-Abrego, J. G. (2016). Role of mammals on seed dispersal and predation processes of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in the Colombian Amazon. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), 5.
- Ahumada, J. A., Hurtado, J., Lizcano, D. (2013). Monitoring the Status and Trends of Tropical Forest Terrestrial Vertebrate Communities from Camera Trap Data: A Tool for Conservation. *PLoS One*, 8(9), e73707.
- Aliaga-Rossel, E., Moreno, R. S., Kays, R. W., & Giacalone, J. (2006). Ocelot (*Leopardus pardalis*) predation on agouti (*Dasyprocta punctata*). *Biotropica*, 38(5), 691–694.
- Aliaga-Rossel, E., Kays R., & Fragoso J. (2008). Home range use by the central American Agouti (*Dasyprocta punctata*) on Barro Colorado, Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 24, 367–374.
- Ávila-Nájera, D. M., Chávez, C., Lazcano-Barrero, M. A., Mendoza, G. D., & Perez-Elizalde, S. (2016). Traslapo en patrones de actividad entre grandes felinos y sus principales presas en el norte de Quintana Roo, México. *Therya*, 7(3), 439–448.
- Briceño-Méndez, M., Reyna-Hurtado, R., Calmé, S., & García-Gil, G. (2014). Preferencias de hábitat y abundancia relativa de *Tayassu pecari* en un área con cacería en la región de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 242–250.
- Delgado-Martínez, C. M., Alvarado, F., Mendoza, E., Flores-Hernandez, S., Navarrete, A., Navarrete, E., & Botello, F. (2018). An ignored role of sartenejas to mitigate water shortage hazards for tropical forest vertebrates. *Ecology*, 99(3), 758.
- DeMattia, E. A., Rathcke, B. J., Curran, L. M., Aguilar, R., & Vargas, O. (2006). Effects of small rodent and large mammal exclusion on seedling recruitment in Costa Rica. *Biotropica*, 38(2), 196–202.
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Robledo, C. W. InfoStat/L software estadístico versión 2014. Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC)[Internet]. 2010 [citado 2018 Nov 7].
- Dobler-Morales, C. 2018. Analysis of precipitation patterns of the Yucatan using multiple gridded datasets. Dissertation. Clark University.
- Epaphras, A. M., Gereta, E., Lejora, I.A., Ole Meing'ataki, G.E., Ng'umbi, G., Kiwango, Y. & Mtahiko, M.G.G. (2008). Wildlife water utilization and importance of artificial waterholes during dry season at Ruaha National Park, Tanzania. *Wetlands Ecology and Management*, 16(3), 183–188. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s11273-007-9065-3>
- Gandiwa, E., Heitkönig, I. M., Eilers, P. H., & Prins, H. H. (2016). Rainfall variability and its impact on large mammal populations in a complex of semi-arid African savanna protected areas. *Tropical Ecology*, 57(2), 163–180.
- García-Gil, G., Palacio, J., & Ortiz, M. (2002) Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México", en *Investigaciones Geográficas* 48:7-23.
- Gastelum-Mendoza, F.I., Arroyo-Ortega, J.P. & León-López, L.I. (2014). Estimación de la abundancia poblacional de fauna silvestre, mediante el uso de cámaras trampa. *Agroproductividad*, 7(5), 32–36.
- Hallwachs, W. (1986). Agoutis / *Dasyprocta punctata*: los herederos del guapinol (*Hymenaea corbaril*: Leguminosae). En *Frugivores and dispersion of seeds* (285–304 pp). Springer, Dordrecht.
- Harsem, B.J., Foster, R.J., Silver, S.C., Ostro, L., & Doncaster, C.P. (2011). Jaguar and puma activity patterns in relation to their main prey. *Mammalian Biology*, 76, 320–324.
- Hernández-Pérez, E., Reyna-Hurtado, R., Castillo Vela, G., Sanvicente López, M., & Moreira-Ramirez, J. F. (2015). Fototrampeo de mamíferos terrestres de talla mediana y grande asociados a petenes del noroeste de la península de Yucatán, México. *Therya*, 6(3), 559–574.
- Hidalgo-Mihart, M. G., Contreras-Moreno, F. M., Jesús de la Cruz, A., & Juárez-López, R. (2017a). Validation of the Laguna de Terminos-Calakmul Corridor for Jaguars (*Panthera onca*) in Southeastern Mexico. *Oryx* 52(2):292–299.
- Hidalgo-Mihart, M. G., Jesús-De la Cruz, A., Juárez-López, R., Contreras-Moreno, F. M., Bravata, Y., Hernández-Lara, C., Pérez-Solano, L., Koller, J., Friedeberg, D., & Thornton, D. (2017b). Inventory of medium-sized and large mammals in the wetlands of Laguna de Terminos and Pantanos de Centla, Mexico. *CheckList* 13(6):711–726.
- Hofmann, G. S., Coelho, I., Bastazini, V., Cordeiro, J., & de Oliveira, L. (2015). Implications of climatic seasonality on activity patterns and resource use by sympatric peccaries in northern Pantanal. *International Journal of Biometeorology* 1–13
- Jordano, P. (2000). Fruits and frugivory. En M. Fenner (Ed.), *Seeds: The Ecology of regeneration in plant communities* (125–166 pp).
- Jordano, P., Galetti, M., Pizo, M. A., & Silva, W. E. (2006). ligando frugivoria e dispersao de sementes à biologia da conservacao.
- Kovach Computing Service. (2011). Oriana. Anglesey, Wales:<https://www.kovcomp.co.uk/oriana/>.
- Mandujano-Rodríguez, S., & Carlos, H. (2019). Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la reserva de la biosfera Tehuacan-Cuicatlan, México. *Agroproductividad*, (July), 24487546.
- Martínez, E., & Galindo-Leal, C. G. (2022). La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (71), 7–32.
- Martínez-Kú, D. H., Escalona-Segura, G., & Vargas-Contreras, J. A. (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.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Rodríguez Soto, C., Soria-Díaz, L., & Urios, V. (2011). Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 373–383.
- Moro-Rios, R. F. (2008). Obtenção de água por um grupo de *Alouatta clamitans* (Primates: Atelidae), em floresta com araucária: variações sazonais, sexo-etárias e circadianas. *Rev Bras Zool*, 25, 558–562.
- Nagy, K. A., & Gruchacz, M. J. (1994). Seasonal water and energy metabolism of the desert-dwelling kangaroo rat (*Dipodomys merriami*). *Physiological Zoology*, 67(6), 1461–1478.

- Niedballa, J., A. Courtiol, R. Sollmann, J. Mathai, S. T. Wong, A. Truong, A. Mohamed, A. Tilker, A. Wilting. 2019. CamtrapR Package. Camera Trap Data Management and Preparation of Occupancy and Spatial Capture-Recapture Analyses. <https://cran.r-project.org/web/packages/camtrapR/camtrapR.pdf>
- O'Brien, T.G.O. (2011) Abundance, density and relative abundance: a conceptual framework. In Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses (eds A.F. O'Connell, J.D. Nichols & U.K. Karanth), pp 71-96. Springer, New York, USA.
- O'Farrill G, Gauthier SK, Rayfield B, Bodin O, Calme S, Sengupta R, 2014. The potential connectivity of waterhole networks and the effectiveness of a protected area under various drought scenarios. PlosOne. 2014; 9(5):e95049.
- Paredes, O. S. L., Norris, D., de Oliveira, T. G., & Michalski, F. (2017). Water availability not fruitfall modulates the dry season distribution of frugivorous terrestrial vertebrates in a lowland Amazon forest. PLoS one, 12(3), e0174049.
- Pérez-Cortez, S., Enriquez, P. L., Sima-Panti, D., Reyna-Hurtado, & R., Naranjo, E. (2012) Influencia de la disponibilidad de agua en la presencia y abundancia de *Tapirus bairdii* en la selva de Calakmul, Campeche, Mexico. Rev Mex Biodivers 83:753-756.
- Ramírez, L (2016) Abundancia relativa y patrones de actividad por venados en dos sitios de la región de Calakmul, Campeche, México. Tesis licenciatura, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, México.
- R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. Versión 3.4.3, Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Reyna-Hurtado, R., Rojas-Flores, E., & Tanner, G. 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. A. & Sánchez-Pinzón, K. 2019b. Ungulates of Calakmul. In S. Gallina-Tessaro (ed.). Ecology and Conservation of Tropical Ungulates, Pp. 89-104. in Latin America, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28868-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28868-6_5)
- Reyna-Hurtado, R., Sima-Panti, D., Andrade, M., Padilla, A., Retana-Guaiscon, O., & Sanchez-Pinzón, K. (2019b). Tapir population patterns under the disappearance of free-standing water. THERYA, 10(3), 353.
- Ridout, M. & Linkie, M. (2009). Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics, 14(3), 322-337.
- Rich, L. N., Miller, D. A., Robinson, H. S., McNutt, J. W., & Kelly, M. J. (2016). Using camera trapping and hierarchical occupancy modelling to evaluate the spatial ecology of an African mammal community. Journal of Applied Ecology, 53(4), 1225-1235.
- Rovero, F., Martin, E., Rosa, M., Ahumada, J. A., & Spitale, D. (2014). Estimating species richness and modelling habitat preferences of tropical forest mammals from camera trap data. PLoS one, 9 (7), e103300.
- Rowcliffe, M. J. (2016). Activity: Animal Activity Statistics, No. R package version 1.1. <https://cran.r-project.org/package=activity>.
- Suselbeek, L. (2009). Resource availability and activity patterns in the Central American agouti (*Dasyprocta punctata*). Tesis de Maestria. Wageningen University.
- Sutherland, K., Ndlovu, M., & Pérez-Rodríguez, A. (2018). Use of artificial waterholes by animals in the southern region of the Kruger National Park, South Africa. African Journal of Wildlife Research, 48(2).
- Treviño-Ruiz, A. A. (2010). Informe final SNIB.CONABIO proyecto No. CJ076. Alternativas para el mejoramiento de hábitat en UMA localizadas en la Zona 1, en base a la conservación y aprovechamiento sustentable. México, D.F.

