



# El Colegio de la Frontera Sur

Distribución y abundancia del tapir (*Tapirus bairdii*)  
en la Reserva de la Biosfera Calakmul, México

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural

por

Sadao Pérez Cortez

2011

## **AGRADECIMIENTOS**

A la dirección y personal de la Reserva de la Biosfera Calakmul, en especial a José A. Zúñiga Morales, Luis Sosa Franco, Miguel Álvaro, Miguel Ocaña de la Cruz, Florentino Pérez Méndez, Ernesto Gutiérrez Cortez, Antonio Té España y Epifanio por facilitarme el acceso al área y brindarme gran parte del apoyo para realizar el presente estudio, así como por su invaluable compañía.

A Pronatura Península de Yucatán A.C. en especial a María Andrade, Angélica Padilla y David Sima por facilitarme información necesaria para este estudio, por permitirme utilizar sus instalaciones y por su apoyo logístico durante el proceso de campo.

A mi comité tutorial: Paula Enríquez Rocha, Sophie Calme, Rafael Reyna Hurtado y Eduardo Naranjo Piñera por su amistad, asesoría, orientación y apoyo brindado durante todo el proceso de esta maestría.

A la Comisión Nacional del Agua por brindarme la información solicitada sobre la precipitación pluvial en Calakmul.

A Birgt Shmook por facilitarme imágenes satelitales y a Holger Weissenberger y Rafael Reyna Hurtado por ayudarme en la elaboración de los mapas.

A José L. Rangel por su apoyo y orientación en el análisis estadístico de los datos.

A todos mis compañeros, amigos y amigas que en su momento me brindaron un espacio en sus hogares y con quienes compartimos muchos desvelos, presiones y alegrías a lo largo de este posgrado. En especial a Kato e Yliana (“la jefa”), Laura y Abraham, Roge y Shema, Ruth y Raúl, Ursula y Eric, Vianney y Saúl, Abril, Fer”, el “Gallo”, “Moncho”, “Rony, Rudy, etc.

A Halia E. Zúñiga Fuentes, por su amor, comprensión, compañía y ayuda. A mis padres, hermanas, sobrina, cuñado y mi otra familia (padres y hermanas de Halia), por su comprensión y apoyo.

Finalmente agradezco el apoyo financiero otorgado por el proyecto “Innovación socio

ambiental para el desarrollo en áreas de alta pobreza y biodiversidad en la frontera sur de México" (FORDECYT-CONACYT), fondos fiscales de ECOSUR y al CONACYT (No. 287670) por la beca para estudios de maestría que me proporcionó.

## ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Materiales y Métodos.....	10
Resultados.....	16
Discusión.....	36
Conclusiones.....	42
Literatura citada.....	45
Apéndice.....	53
Anexo.....	58

## RESUMEN

Recursos clave como el alimento y agua muestran una variabilidad estacional y espacial en la región de Calakmul, Campeche, México. En el presente estudio se evaluó el papel de la disponibilidad de alimento y agua en la distribución y abundancia del tapir (*Tapirus bairdii*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC), además de conocer el patrón de actividad de los tapires en las aguadas. Para ello se caracterizaron 15 cuerpos de agua en tres microrregiones (norte, centro y sur) de la RBC, a un radio de 0.05 km alrededor de las aguadas para estimar la disponibilidad de alimento (frutos y cobertura herbácea) y el porcentaje de cada tipo de vegetación. Mediante recorrido de 135 km de trayectos lineales y uso de cámaras trampa (3,470 días-trampa) se estimó una abundancia de 1.48 huellas/km recorrido y 3.8 registros/100 trampas-noche. Los tapires mostraron un patrón de actividad nocturno. Se encontró que tanto la abundancia de huellas, los registros fotográficos y la disponibilidad de alimento y agua presentaron variaciones espaciotemporales. La distribución, número y temporalidad de las aguadas y el mayor porcentaje de cobertura con acahual arbóreo y selva alta son los factores del hábitat más determinantes en la distribución, abundancia y patrones de movimiento del tapir en Calakmul. Las aguadas deben formar parte de las prioridades de conservación de la fauna silvestre asociada.

## INTRODUCCIÓN

La distribución y abundancia actual de la fauna es el resultado de su adaptación a una serie de factores bióticos y abióticos (Pianka 1983). Por lo tanto, la selección del hábitat, es un proceso jerárquico a través del cual un organismo elige los recursos que utilizará, está influenciada espacialmente por factores interrelacionados dependiendo de la especie y la región (Arthur *et al.* 1996, Morrison *et al.* 2006). Para un organismo, estos factores son recursos necesarios para su supervivencia como cobertura, alimento y agua, así como las interacciones con otros organismos (Morrison *et al.* 2006).

La distribución, abundancia y dinámica de una población en el paisaje están influenciadas por los atributos de la especie, de su hábitat y por otros factores como la historia biogeográfica o las relaciones interespecíficas. Los atributos de una especie se refieren a su historia de vida, patrones de movimientos, especificidad del hábitat, demografía, incluyendo las relaciones densodependientes y la genética de las poblaciones. Los atributos del hábitat se refieren a la naturaleza, tamaño, conectividad y fragmentación de los elementos que conforman el mismo y que tienen influencia en la disponibilidad de alimento, agua y refugio (Morrison *et al.* 2006).

En la mayoría de las especies, la disponibilidad de alimento y agua pueden determinar su presencia, movimientos y densidad. Sin embargo, cuando disminuye la disponibilidad de alguno de estos recursos (e.g. el agua durante la estación seca), dichos recursos pueden convertirse en factores limitantes para la ocurrencia y abundancia de las especies (Rautenstrauch y Krausman 1989, Mandujano y Gallina 1995). De forma similar, la disponibilidad de alimento es a menudo un factor limitante que influye en el crecimiento poblacional de la fauna silvestre (Morrison *et al.* 2006). Así, los factores limitantes son aquellos que influyen en el tamaño de una población al provocar su disminución o impedir su crecimiento (Newton 1998).

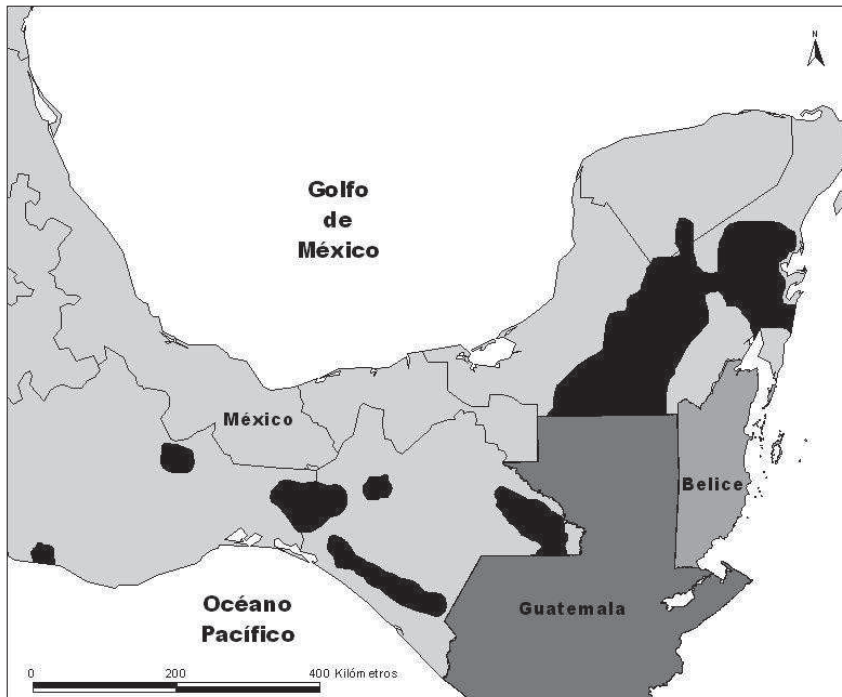
Se ha mostrado que la escasez de alimento y agua repercute en la abundancia de ungulados al tiempo que incrementa la depredación en los puntos donde la fauna puede disponer de estos recursos (Caughley 1976, Owen-Smith 1996). Además, el área de acción y los patrones de movimiento de las especies de ungulados africanos están correlacionados positivamente con la disponibilidad de alimento y agua (Western 1975, Fryxell *et al.* 1988, Redfern *et al.* 2003). En los bosques neotropicales, se ha mostrado la importancia del agua para pequeños y grandes mamíferos en las áreas donde este recurso es estacionalmente limitado. Por ejemplo, en la selva seca de Chamela, Jalisco, se ha reportado que el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) disminuye sus actividades y desplazamiento conforme se reduce la disponibilidad de agua y alimento (Mandujano y Gallina 1995). En la selva de Calakmul, Campeche, se encontró que grupos de pecaríes de labios blancos (*Tayassu pecari*) se desplazan hasta 16 km para alcanzar fuentes de agua (localmente conocidas como aguadas) en la época de secas (Reyna-Hurtado *et al.* 2009). En la misma zona se ha reportado una mayor riqueza de especies de mamíferos en hábitat con aguadas que en hábitat sin aguadas (García-Escalona 2003, Martínez-Kú *et al.* 2008). Martínez-Kú *et al.* (2008) reportaron que el tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) está muy ligado a las aguadas, sobre todo en la estación de secas. Sin embargo, este estudio no analizó el patrón de uso de las aguadas, las variables ambientales asociadas a las aguadas que determinan mayor abundancia de tapir y tampoco el papel de las aguadas en la distribución del tapir en Calakmul.

El tapir centroamericano, también conocido como danta o tzimin (en lengua maya), es el mamífero terrestre de mayor tamaño (masa corporal de hasta 300 kg y longitud de 2 m; Reid 1997). Usualmente los tapires son solitarios pero forma parejas durante la temporada reproductiva, la cual dura entre cinco y siete días. Las hembras tienen una sola cría por parto después de 13 meses de gestación y permanecen con ella por un año aproximadamente (Álvarez del Toro 1996, Carbonell y González 2000). El tapir es un importante dispersor de

semillas de plantas de las que se alimenta (Janzen 1982, Bodmer 1991, Naranjo 1995a, O'Farril *et al.* 2006), forma parte de la dieta de jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*), cocodrilos (*Crocodylus* sp; March y Naranjo 2005) y representa una fuente importante de proteína animal para pobladores en algunas comunidades rurales de México y Centroamérica (March 1994, Robinson y Redford 1994, Guerra 2001). Es importante saber si recursos potencialmente limitantes como agua y alimento influyen la distribución y abundancia estacional del tapir en Calakmul (e implícitamente sus movimientos).

El tapir es considerado a nivel global como una especie vulnerable por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN; <http://www.iucnredlist.org>) pero en México la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales lo considera en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010). La distribución del tapir centroamericano comprende desde el sureste de México hasta el occidente de Colombia y Ecuador (Eisenberg 1989). En México su distribución se ha reducido notablemente; actualmente las principales poblaciones se encuentran en los estados de Chiapas, Campeche y Quintana Roo, y existen pequeñas poblaciones aisladas en la región sureste y noreste de Oaxaca (Lira *et al.* 2005). Campeche y Quintana Roo son los estados donde existe mayor distribución continua de sus poblaciones (Naranjo 2009; Figura 1). Las principales amenazas que se han identificado para la especie son la pérdida de hábitat, la subsecuente fragmentación de los bosques, la cacería. La ganadería bovina extensiva es probablemente la principal causa de fragmentación y pérdida de hábitat para este mamífero (Robinson y Redford 1994, Naranjo 2009).





**Figura 1.** Distribución del tapir en México (Naranjo 2009).

El tapir se alimenta de hojas, tallos tiernos, frutos, corteza y flores, pero los elementos herbáceos llegan a representar hasta el 90% de la masa consumida (Foerster y Vaughan 2002, Naranjo 2009). Se han identificado hasta 112 especies de plantas de las que se alimenta (March 1994, Villa y Cervantes 2003). El tapir presenta variaciones espaciales y temporales en la dieta, pudiendo modificar su estrategia alimentaria dependiendo de la época del año y del tipo de hábitat donde se encuentre. Estos cambios se ven principalmente reflejados en el consumo de frutos, ya que muchos de éstos son producidos sólo en ciertas épocas y la proporción de su consumo varía de igual manera (Naranjo 1995a, Foerster y Vaughan 2002). Por sus características nutricionales como la concentración de azúcares, proteína y carbohidratos, los frutos son un componente esencial en la dieta de la mayoría de los ungulados neotropicales (Bodmer 1989); para el tapir se ha reportado que la proporción de frutos consumidos varía de 1.4 a 18.6% de la masa consumida (Naranjo 1995a, Naranjo y Cruz 1998, Foerster 2002, Rivadeneyra 2007). En la Región de Calakmul, hay diferencias

fenológicas en los distintos tipos de hábitats afectando así la disponibilidad de frutos y movimientos de los organismos (Weber 2004, Reyna-Hurtado 2007, Vargas-Contreras *et al.* 2009). En la selva mediana la mayoría de los árboles cuyos frutos son consumidos por ungulados presentan un pico de fructificación durante la estación de lluvias y algunos a principios de las secas, a diferencia de la selva baja inundable cuya mayor disponibilidad de frutos es a mediados de la estación seca (Weber 2004, Reyna-Hurtado 2007, Vargas-Contreras *et al.* 2009).

Aunque los ungulados tienen la capacidad de obtener “agua transformada” de sus tejidos mediante mecanismos metabólicos u obtenerla a partir del tejido de frutos y hojas que consumen, algunas especies como el tapir tienen mayor necesidad de ingerir agua directamente (MacFarlane y Howard 1972). Entre los ungulados presentes en América tropical, el tapir es el que demanda mayor cantidad de agua al día, con 14.5 litros (MacFarlane y Howard 1972).

Estudios sobre la ecología del tapir sugieren que la especie hace uso de variados tipos de vegetación a través del paisaje (Foester 2002, Naranjo 2009). Las selvas altas y medianas subperennifolias, selvas bajas inundables, asociaciones de vegetación hidrófila y acahuales colindantes con bosque primario son cuatro de los principales tipos de vegetación asociados con la presencia de tapires en México (March 1994). Sin embargo, la disponibilidad de alimento y agua son variables probablemente determinantes en la preferencia y uso de hábitat del tapir a lo largo de su distribución, ya que los sitios con disponibilidad de ambos recursos son utilizados como áreas de descanso, refugio y forrajeo (Naranjo 2009).

En la región de Calakmul no existen ríos superficiales y la mayoría del agua se acumula en depresiones de suelos arcillosos llamadas localmente (aguadas). En la estación de secas estas aguadas se convierten en las únicas fuentes de agua para la fauna silvestre (Martínez-Kú *et al.* 2008, Reyna-Hurtado *et al.* 2009) y los habitantes de las comunidades

humanas del área. Algunas de ellas permanecen inundadas todo el año y otras se secan en la estación seca dependiendo de su tamaño, forma, factores meteorológicos y del uso de éstas (García-Gil *et al.* 2002). Es también posible que la alta diversidad y abundancia de mamíferos alrededor de las aguadas esté dada por el efecto de borde que se presenta en ellas, al ser un microhábitat de transición vegetal. Por estas razones, en las aguadas y sus alrededores los ungulados pueden tener acceso a recursos alimenticios que difícilmente encontrarían en otros sitios (Yahner 1988, Lidicker 1999).

Es muy probable que la distribución y abundancia del tapir a escala de paisaje estén relacionadas con la disponibilidad de alimento y agua en la región. Debido a que el tapir usa hábitats con alta disponibilidad de ambos recursos (March 1994, Naranjo 2009), se esperaría encontrar que la distribución y mayor abundancia de este mamífero en la región esté determinada por la presencia de aguadas permanentes. Por lo tanto las variaciones espacio-temporales afectarían dichos parámetros, ya que al reducirse la disponibilidad de agua y alimento durante la estación seca habrá un incremento en el uso de las aguadas y la abundancia tapires en los microhábitats con mayor disponibilidad de dichos recursos.

A pesar de que la estimación de la proporción de sitios ocupados, tamaño poblacional o densidad y los parámetros que la afectan son indispensables para un monitoreo y manejo efectivo de cualquier población (Caughley y Sinclair 1994, MacKenzie *et al.* 2002), en Calakmul aún se desconocen esos aspectos del tapir. Sin embargo, es indispensable conocer las variaciones espacio-temporales de la distribución y abundancia del tapir y las características del hábitat que determinan su presencia, ya que será útil para modelar y proyectar las posibles variaciones en su hábitat que puedan tener un efecto sobre la persistencia de su población a largo plazo, así como enfocar los esfuerzos de conservación y manejo de la especie en las áreas de mayor importancia ecológica para el tapir. Por tal motivo, se investigo si la disponibilidad de alimento (frutos y cobertura herbácea) y agua y sus

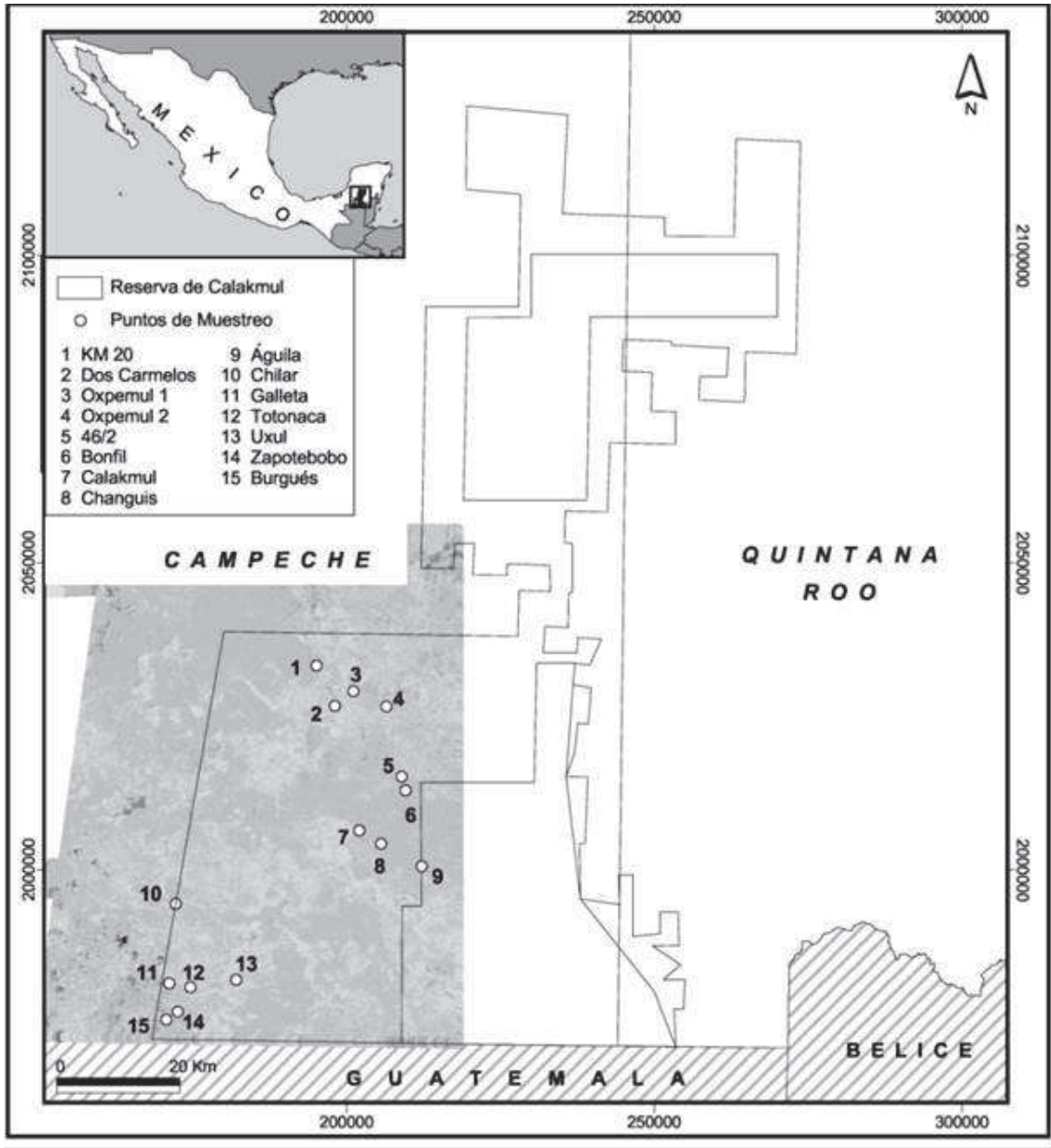
variaciones espacio-temporales en la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC) determinan la distribución y abundancia del tapir. Para ello en este estudio se pretendió:

- 1) Registrar la ocurrencia del tapir en 15 aguadas durante la estación seca de 2008, 2009 y 2010.
- 2) Estimar las abundancias relativas espacio-temporales del tapir.
- 3) Determinar el patrón de uso del tapir en los cuerpos de agua en la estación de secas.
- 4) Caracterizar las aguadas y sus alrededores.
- 5) Estimar la disponibilidad de alimento para el tapir.
- 6) Evaluar la relación de las características del hábitat con la abundancia del tapir.

### **Área de Estudio**

La región de Calakmul se ubica en el sureste del Estado de Campeche, México, entre los 19°15'17'' N y 90°10'89'' O (Figura 2). Tiene una extensión territorial de 14,681.05 km<sup>2</sup> (Gobierno del Estado de Campeche, 2004) de los cuales 7,231.85 km<sup>2</sup> corresponden a la RBC (García-Gil y Pat 2001; Figura 2). En Calakmul predomina el clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano y con menos de 60 mm de precipitación en el mes más seco ( $A_{w1}$ ). La temperatura media anual es de 24.6° C y la precipitación anual varía de 500 y 2500 mm (García-Gil 2003). Sin embargo, la naturaleza cárstica de la Península de Yucatán impide la formación de corrientes y cuerpos de agua superficiales. Estas condiciones se hacen más evidentes debido a la carencia de lagunas y ríos, por lo que las únicas fuentes de agua disponibles son pequeños manantiales y aguadas (García-Gil 2003), así como unos pocos corrientales. Las elevaciones varían entre 100 y 380 msnm y el relieve es caracterizado por colinas ondulantes. Los tipos de suelos predominantes son leptosol lítico y regosol éutrico, entre los que destacan las rendzinas cálcicas, litosoles y vertisoles derivados de la roca caliza (García-Gil 2003). Hasta el momento en Calakmul se han reportado 1 600 de las 1 936

especies de plantas vasculares registradas para la Península de Yucatán y los tipos de vegetación predominantes son la selva mediana subperennifolia, selva mediana caducifolia y selva baja subperennifolia (Martínez y Galindo-Leal 2000).



**Figura 2.** Ubicación de las aguadas monitoreadas y referidas como microrregiones norte (1-4), centro (5-9) y sur (10-15) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El muestreo en trayectos lineales ha sido el método más común para estimar densidades y abundancias de poblaciones de diferentes especies (Buckland *et al.* 1993). Sin embargo, al combinar el método de trayectos lineales para conteo de huellas con el uso de cámaras trampa, es posible realizar una investigación más profunda y robusta sobre la abundancia y distribución del tapir en la región de estudio. Dependiendo de la forma en la que se diseñe el muestreo ambos métodos permiten obtener información sobre abundancia y selección de hábitat (Buckland *et al.* 1993, Karanth *et al.* 2004). El uso de cámaras trampa es un método no invasivo que permite obtener información simultánea de varias especies que no puede registrarse con el conteo de rastros, como es el área de acción, patrón de actividad, densidad y abundancia de la población (Maffei *et al.*, 2002, Karanth *et al.* 2004), incluso se han registrado resultados de densidad muy semejantes a los obtenidos mediante uso de telemetría ( $0.58 \pm 0.11$  tapires/km<sup>2</sup>) para el caso del tapir (*T. terrestris*) en Bolivia (Noss *et al.* 2003). A pesar de que las cámaras trampa requieren menos esfuerzo, la principal desventaja de este método es el costo y mantenimiento del equipo (Trolle *et al.* 2008).

### **Abundancia de Registros Fotográficos**

Como parte de un estudio integral de monitoreo de fauna silvestre asociada a aguadas, la asociación civil Pronatura Península de Yucatán A.C., colocó 45 cámaras trampa en 15 aguadas (3 por aguada) de la RBC durante el periodo 2008-2010. Por la disponibilidad de equipo se utilizaron cuatro modelos diferentes de cámaras (17 Deer Cam, 19 Wild View, 7 Stealth Cam y 2 Cam Trakker). Las aguadas se agruparon en tres microrregiones; norte (MN; Km20, Dos Carmelos, Oxpemul1 y Oxpemul2), centro (MC; 46/2, Bonfil, Águila, Changuis y Calakmul) y sur (MS; Chilar, Galleta, Totonaca, Zapote bobo, Burgués y Uxul). Entre las microrregiones existen diferencias en cuanto a la humedad y los tipos de vegetación

predominante, de tal manera que existe un gradiente de humedad que se incrementa de norte a sur. La microrregión sur es la que presenta mayor humedad y donde hay mayor porcentaje de selva alta (SA) y mediana (SM) mientras que la microrregión norte es menos húmeda y predomina la selva mediana caducifolia (SMC).

La selección de las aguadas monitoreadas se basó en un análisis cartográfico multicriterio considerando lo siguiente: que se ubicaran a menos de un kilómetro de distancia de un camino existente para facilitar el acceso a los sitios, que la distancia a otra aguada monitoreada fuera mayor a 5 km para disminuir la probabilidad de registrar a los mismos individuos y que las aguadas tuvieran un diámetro mayor de 30 y menor de 60 m para facilitar su monitoreo y caracterización del hábitat a sus alrededores (Figura 2). El criterio del tamaño y la distancia entre las aguadas se aplicó en tres de los casos, en donde se monitorearon tres aguadas con más de 60 m de diámetro (“Burgués”, “Chilar” y “Zapote bobo”) y la distancia entre las aguadas “Burgués” y “Zapote bobo” fue menor de 5 km.

La ocurrencia del tapir en las aguadas, su abundancia relativa de registros fotográficos (ARF) y el patrón de uso de las aguadas se obtuvo mediante fotocapturas. Por el difícil acceso a los sitios durante la estación de lluvias, las cámaras se mantuvieron entre finales de febrero a mediados de junio del año 2008, entre mediados de abril a mediados de junio de 2009 y entre finales de marzo a mediados de junio de 2010. Las cámaras se colocaron a una altura promedio de 30 cm del suelo, activadas las 24 h del día y revisadas cada 14 días para su buen funcionamiento, como el estado de las baterías, la tarjeta de memoria y la película según el caso. Cabe mencionar que cada cámara se mantuvo siempre en el mismo sitio.

Para evitar sobrestimar la abundancia al contar varias veces un mismo individuo, el criterio de registro utilizado fue de un registro por aguada cada 24 h. Pero cuando en un mismo día se obtuvieron dos o más fotografías de individuos claramente diferentes en la misma aguada, o bien, cuando en una foto aparecieron dos o más individuos, cada individuo

identificado se consideró como un registro por separado.

Los índices de abundancia de registros fotográficos (ARF) se calcularon como el número de capturas fotográficas por día-trampa (Seydack 1984) y el número de registros fotográficos por mil noche-trampas; este último se estimó con el fin de poder comparar los resultados obtenidos con lo reportado en la literatura (Trolle *et al.* 2008). La abundancia relativa se expresó de la siguiente manera:

$$ARF = N / t / d$$

Donde N es el número de individuos registrados por aguada siguiendo el criterio mencionado arriba, t es el número de cámaras por aguada y d son los días activos de las cámaras por aguada

### **Abundancia de Huellas en Trayectos**

Para las estimaciones de abundancia de huellas (AH) del tapir, en cada aguada se trazaron tres trayectos lineales de 0.5 km de longitud con rumbos separados por 120° entre sí para abarcar el mayor territorio posible. El primer trayecto era elegido utilizando el camino de acceso a la aguada. A lo largo del trayecto se colocaba una marca a cada 100 m para facilitar el registro de los datos asociados a las huellas, como la disponibilidad de frutos, porcentaje de cobertura herbácea y los tipos de vegetación dominante en cada sección. Los índices de AH se estimaron a partir de recorridos mensuales en los trayectos entre secas (marzo-principios de junio) y lluvias (finales de junio-agosto). En total se recorrieron 135 km (67.5 km durante secas y 67.5 km durante lluvias). Se registraron las huellas y para reducir el riesgo de duplicar el registro de las huellas se consideró su tamaño, antigüedad y ubicación de las mismas; las huellas de diferente tamaño y antigüedad ubicadas en un mismo transecto se consideraron como registros diferentes (Aranda 2000); se anotó su ubicación, el tipo de vegetación asociada y finalmente se eliminaron las huellas encontradas para evitar recontarlas en



recorridos subsecuentes. El índice ARH de tapires se calculó en base al número de huellas por kilómetro recorrido (Caughley 1977), tal como sigue:

$$AH = NH / km$$

Donde AH es la abundancia de huellas, NH es el número de huellas observadas y km son los kilómetros recorridos.

### **Patrón de Actividad y Estructura Poblacional**

Con los registros fotográficos obtenidos fue posible determinar el patrón de actividad del tapir en las aguadas y de forma complementaria se registraron datos sobre la proporción de edades y sexos de la población de tapir en la región. El patrón de actividad se obtuvo analizando la fecha y hora de los registros fotográficos, los registros fotográficos se obtuvieron con el mismo criterio aplicado para la estimación de ARF y se clasificaron en las categorías de diurnos (0600-1759 h) y nocturnos (1800-0559 h); tomando como base el horario de verano. La proporción de edades y de sexos se estimó en base al número de registros obtenidos de cada categoría de edad (juveniles y adultos; en base a su tamaño y color del pelaje) y sexo (machos y hembras; en base a la presencia de testículos o pene) entre el número de registros obtenido durante los tres años. Las fotografías de individuos cuyo sexo no pudo ser identificado se excluyeron del análisis de proporción de sexos.

### **Disponibilidad de Alimento**

La disponibilidad de alimento se basó en la abundancia de frutos y el porcentaje de cobertura herbácea; la disponibilidad de frutos se estimó en cada trayecto en secas y lluvias, registrando todos los frutos encontrados sobre el trayecto. Posteriormente se ubicó a la planta madre de dichos frutos y abajo de ella se trazo un cuadrante de 2 m<sup>2</sup> en el que se contaron los frutos caídos mayores a 5 mm, se identificó a la especie y el tipo de vegetación (Altrichter *et*

*al.* 2001, Reyna-Hurtado *et al.* 2009).

El porcentaje de cobertura herbácea se estimó utilizando una pantalla cuadrículada de 1x1m (100 cuadros de 10 x 10 cm). Para la medición horizontal se colocó la pantalla a 1.5 m de distancia del observador y se contaron los cuadros ocupados por plantas herbáceas; para la medición vertical se colocó la pantalla a una altura de 1 m y se observó desde arriba para de igual forma contar los cuadros ocupados por planta herbáceas (Gysel y Lyon 1987). La cobertura herbácea se midió en tres puntos por trayecto (a los 100 m, 250 m y 400 m). En cada punto se seleccionó al azar el lado (derecha o izquierda con respecto al trayecto) en el cual se tomaría la medición. Los resultados de cada grupo de tres trayectos ubicados alrededor de una aguada dada se sumaron y promediaron para hacer la estimación por aguada.

### **Caracterización del Hábitat**

La caracterización del hábitat dentro y alrededor de las aguadas consistió en estimar la disponibilidad de agua en base al tamaño de la aguada y el porcentaje de agua en ella, además de los tipos y extensión de la cobertura vegetal. Para estimar el tamaño de las aguadas se realizó un levantamiento recorriendo sus perímetros (límites de la vegetación arbórea alrededor de la aguada) y posteriormente se calculó su área. Los porcentajes de cada tipo de cobertura alrededor de las aguadas se calcularon usando un mapa de uso actual del suelo y estado de conservación de la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC; García-Gil 2000). Para ello se crearon búferes circulares de 1000 y 3000 m de diámetro alrededor del centroide de cada aguada y con ayuda de imágenes clasificadas se estimó el porcentaje ocupado dentro del búfer por los diferentes tipos de cobertura.

Se calculó la preferencia de hábitat utilizando el índice de electividad de Ivlev; para ello se consideró la extensión de cada tipo de cobertura vegetal a lo largo de cada trayecto lineal, en base al número de huellas encontradas por tipo de cobertura vegetal y su proporción. Los

valores del índice van de  $< 1$  (indicando que el recurso es evitado) a  $> 1$  (indicando que el recurso es preferido; Krebs, 1998). El índice de Ivlev ( I ) para determinar la preferencia de hábitat se calculó con la siguiente fórmula:

$$I = (U-D)/(U+D)$$

Donde U es la frecuencia de uso (porcentaje de huellas por tipo de hábitat) y D es la disponibilidad del recurso (porcentaje de cada tipo de vegetación).

La disponibilidad de agua se estimó mediante el área del espejo de este líquido en las aguadas, la cual se calculó recorriendo el borde del agua con un GPS. Se asumió que a mayor precipitación sería mayor la disponibilidad de agua en el paisaje; por accesibilidad a la información, los datos la precipitación mensual se obtuvieron de los informes de la estación meteorológica automática de la Comisión Nacional del Agua (CNA), ubicada en la caseta de vigilancia de la RBC.

Los datos fueron analizados a diferentes escalas espacio-temporales; los resultados se compararon tanto entre aguadas como entre microrregiones por estación (secas y lluvias de 2010; disponibilidad de frutos, de cobertura herbácea, de agua y abundancia de huellas), por año (2008, 2009 y 2010; abundancia de registros fotográficos y disponibilidad de agua) y de forma total. Para evaluar la diferencia de abundancias relativas entre microrregiones y aguadas se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Para determinar si existen diferencias estacionales adentro de cada microrregión y cada aguada se utilizó la prueba de Mann-Whitney (Sokal y Rohlf 1981). La relación entre las variables de caracterización de las aguadas (tamaño, porcentaje con agua de las aguadas, porcentajes de cada tipo de vegetación, abundancia de frutos y cobertura herbácea: estas dos últimas únicamente para el año 2010) y la abundancia de huellas y registros fotográficos de tapires, se analizaron por medio de un análisis de componentes principales usando el paquete estadístico JMP\_SAS 7.0.1. Además, se realizaron análisis de correlaciones para identificar posibles asociaciones entre las variables

consideradas; a partir de los resultados se eliminaron de los modelos las variables que eran colineales, a manera de conservar solamente las variables que no lo fueron. Se elaboraron modelos generales de pasos adelante (MGs Stepwise Forward) para descartar el peso relativo de una u otra variable en el modelo, y modelos lineales generalizados (GLM) para probar la relación entre las abundancias de registros fotográficos y huellas con las variables ambientales.

## **RESULTADOS**

### **Abundancia de Registros Fotográficos**

Se encontró que el tapir estuvo presente en 14 de las 15 aguadas monitoreadas en la RBC. En general, la microrregión sur presentó mayor número de registros fotográficos (RF) que la norte y centro. Sin embargo, individualmente la aguada “Bonfil” tuvo las mayores abundancias de registros fotográficos (0.19 registros por día trampa) mientras la “Changuis” no presentó registros. Ambas aguadas se localizaron en la microrregión centro (Figura 2).

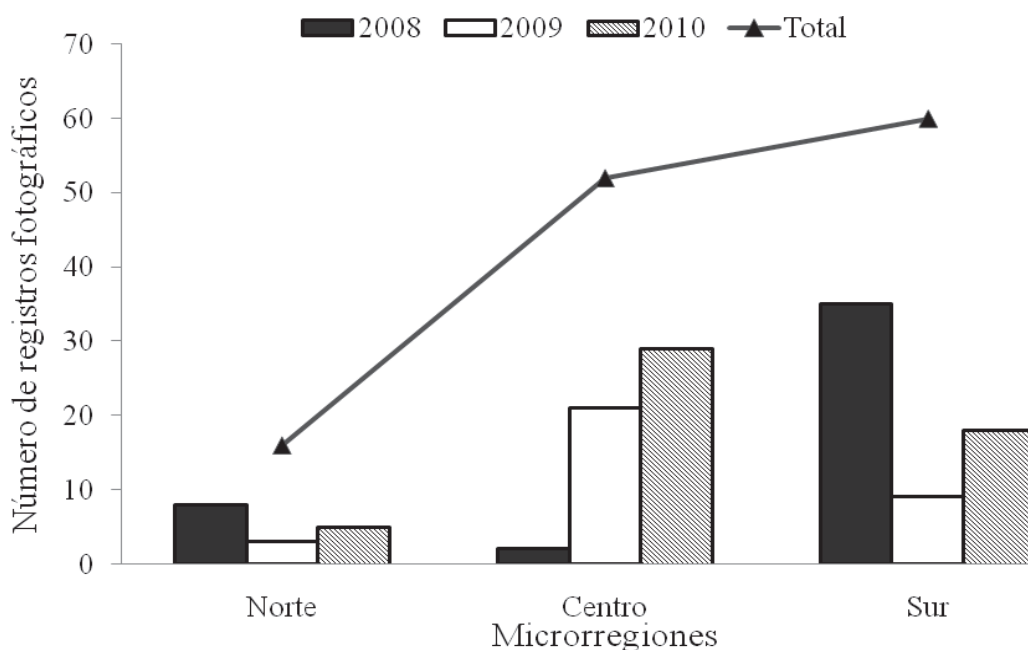
En los tres años de muestro se obtuvo una abundancia total de 130 registros/3,470 días trampa (i.e. 0.038 registros/día ó 37.57/1000 trampas-noche). Durante 2008 la abundancia fue de 45 registros/1,255 días-trampa (i.e. 0.036 registro/día, 35.86/1000 trampas-noche), en 2009 fue de 33 registros/885 días-trampa (i.e. 0.037 registro/día; 37.29/1000 trampas-noche) y en el 2010 fue de 52 registros/1,330 trampas-día (i.e. 0.039 registro/día 39.09/1000 trampas-noche). En 2008 se obtuvieron 45 RF en 11 de las aguadas, en 2009 hubo 33 RF en ocho aguadas y durante el 2010 se obtuvieron 52 RF en siete aguadas (Tabla 1; Figuras 3 y 4).

**Tabla 1.** Número y abundancia de registros fotográficos del tapir por microrregiones y aguadas durante 2008, 2009 y 2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

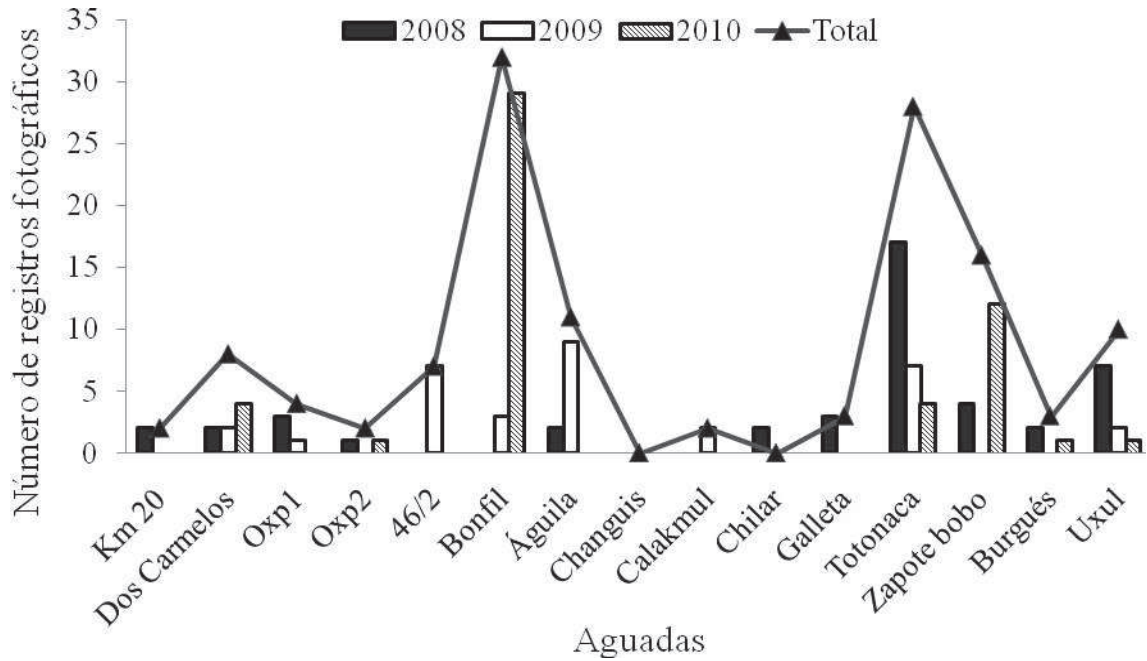
Microrregión	Aguada	Año												Total		
		2008				2009				2010						
		RF	ARF	ES	ES	RF	ARF	ES	ES	RF	ARF	ES	ES			
Norte	Km 20	2	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.02	0.01
	Dos Carmelos	2	0.03	0.01	2	0.04	0.02	4	0.05	0.04	8	0.04	0.01	8	0.04	0.01
	Oxp1	3	0.04	0.04	1	0.01	0.01	0	0	0	4	0.02	0.01	4	0.02	0.01
	Oxp2	1	0.01	0.01	0	0	0	1	0.01	0.01	2	0.01	0.01	2	0.01	0.01
	Total norte	8	0.02	0.01	3	0.01	0.01	5	0.02	0.01	16	0.02	0.01	16	0.02	0.01
Centro	46/2	0	0	0	7	0.13	0.07	0	0	0	7	0.04	0.03	7	0.04	0.03
	Bonfil	0	0	0	3	0.04	0.04	29	0.54	0.2	32	0.19	0.1	32	0.19	0.1
	Águila	2	0.03	0.01	9	0.13	0.07	0	0	0	11	0.05	0.03	11	0.05	0.03
	Changuis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Calakmul	0	0	0	2	0.02	0.02	0	0	0	2	0.01	0.01	2	0.01	0.01
Sur	Total centro	2	0.01	0	21	0.06	0.02	29	0.11	0.07	52	0.06	0.02	52	0.06	0.02
	Chilar	2	0.03	0.01	0	0	0	0	0	0	2	0.01	0.01	2	0.01	0.01
	Galleta	3	0.04	0.02	0	0	0	0	0	0	3	0.01	0.01	3	0.01	0.01
	Totonaca	17	0.26	0.08	7	0.1	0.05	4	0.08	0.04	28	0.15	0.04	28	0.15	0.04
	Zapote bobo	4	0.14	0.1	0	0	0	12	0.21	0.07	16	0.12	0.05	16	0.12	0.05
Total sur	Burgués	2	0.03	0.03	0	0	0	1	0.01	0.01	3	0.01	0.01	3	0.01	0.01
	Uxul	7	0.14	0.06	2	0.06	0.06	1	0.01	0.01	10	0.08	0.03	10	0.08	0.03
	Total sur	35	0.11	0.03	9	0.02	0.01	18	0.05	0.02	62	0.06	0.01	62	0.06	0.01

RF= Registros fotográficos, ARF= abundancia de registros fotográficos expresada en número de registros por día trampa y ES= error estándar de la media.

A escala microrregional no hubo variación significativa entre las abundancias de registros fotográficos obtenidas durante los tres años ( $H_2= 4.56$ ;  $P> 0.05$ ). Sin embargo, al comparar la abundancia entre microrregiones por año, únicamente se encontraron diferencias en el año 2008, donde la abundancia de la microrregión sur fue mayor a la de las otras microrregiones ( $H_2= 13.03$ ;  $P< 0.05$ ). La microrregión norte fue la única en la que no se registraron diferencias en las abundancias entre los años ( $H_2= 1.20$ ;  $P= 0.57$ ; Figura 3).

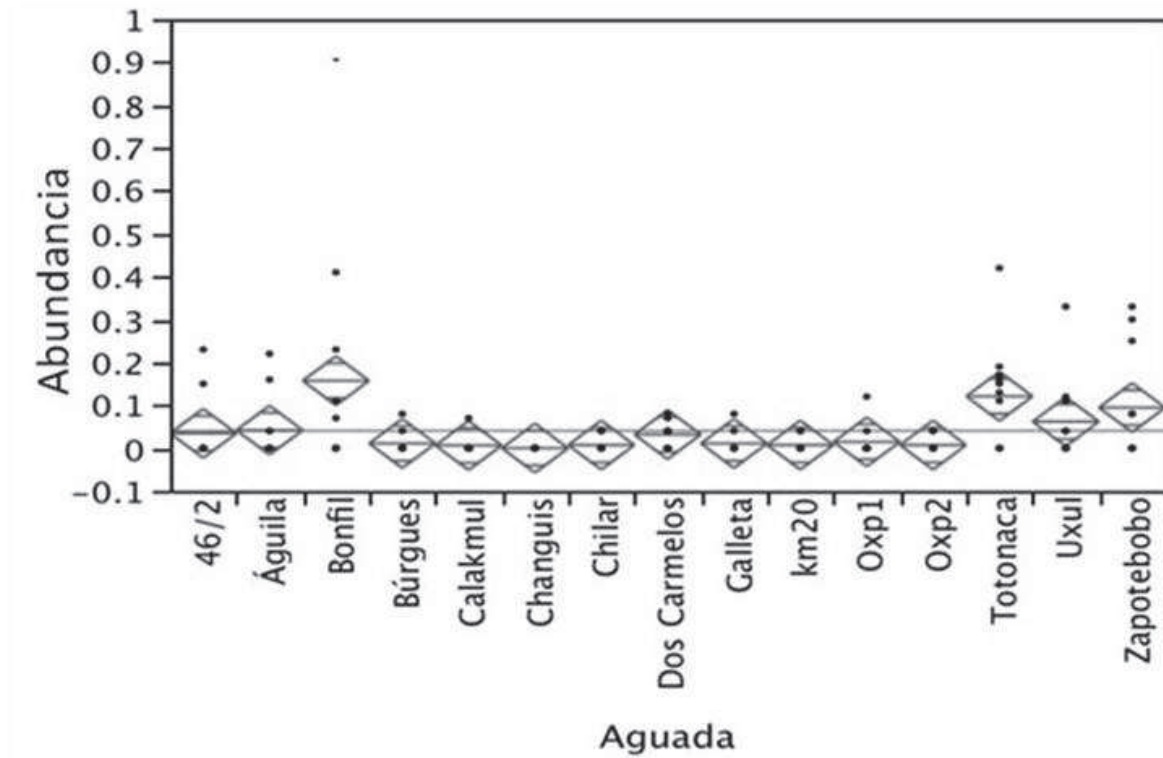


**Figura 3.** Número de registros fotográficos de tapir durante la estación seca de los años 2008, 2009 y 2010 en tres microrregiones de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.



**Figura 4.** Número de registros fotográficos de tapir durante la estación seca de los años 2008, 2009 y 2010 en 15 aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

La abundancia de registro fotográficos por aguada (ARF) obtenida durante los tres años entre todas las aguadas mostró diferencias significativas ( $H_{14}= 32.9$ ;  $P< 0.05$ ). En el año 2008 y 2010 se encontraron diferencias entre la ARF de las aguadas ( $H_{14}= 22.3$ ;  $P< 0.05$  y  $H_{14}= 37.5$ ;  $P< 0.05$ , respectivamente). Las aguadas “Bonfil” ( $H_2= 7.6$ ;  $P< 0.05$ ) y “Totonaca” ( $H_2= 5.8$ ;  $P< 0.05$ ) mostraron diferencias significativas en las abundancias (Figura 5, Tabla 2)



**Figura 5.** Abundancias relativas y desviaciones estándar (registros fotográficos/días trampa) de tapir durante 2008, 2009 y 2010 en 15 aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

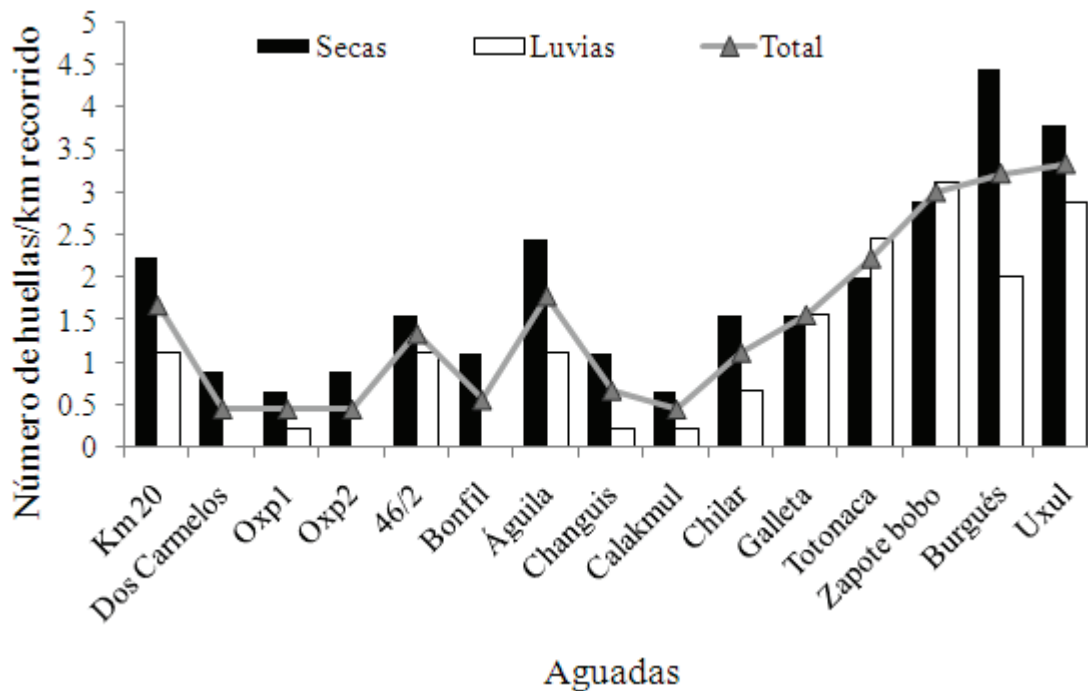
**Tabla 2.** Comparación entre años de medias de abundancias de registros fotográficos por aguadas y microrregiones de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Sólo se muestran las comparaciones que fueron significativas ( $P < 0.05$ ).

Variable	Año	H	gl	P
Microrregiones	2008	13.03	2	<b>0.001</b>
Centro	2008,9,10	4.9	2	<b>0.05</b>
Sur	2008,9,10	7.3	2	<b>0.01</b>
Aguadas	2008	22.33	14	<b>0.02</b>
Aguadas	2010	37.5	14	<b>0.0001</b>
Aguadas	2008,9,10	32.87	14	<b>0.0001</b>
Totonaca	2008,9,10	5.8	2	<b>0.04</b>
Bonfil	2008,9,10	7.59	2	<b>0.01</b>



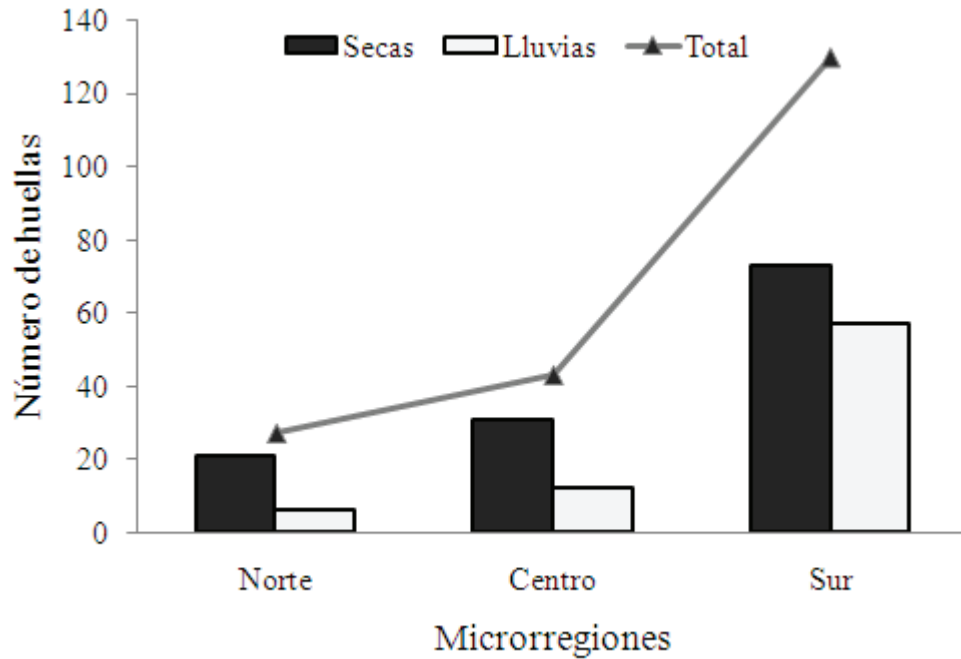
## Abundancia de Huellas en Trayectos

Se registró un total de 200 huellas en 2010 (1.48 huellas/km recorrido), 125 durante la estación de secas (1.85 huellas/km) y 75 en la de lluvias (1.1 huellas/km), encontrándose variaciones significativas entre estaciones ( $X^2 = 4.64$ ,  $P = 0.0312$ ; Figura 6).



**Figura 6.** Número de huellas de tapir por kilómetro en las estaciones de secas y lluvias de 2010 en 15 aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Las aguadas están ordenadas de norte a sur de izquierda a derecha.

La abundancia de huellas (AH) entre microrregiones fue significativamente diferente ( $H_2 = 22.3$ ,  $P < 0.05$ ), donde la microrregión sur registró los valores más altos (media 3.67 huellas/km,  $n = 130$ ). Al interior de las microrregiones norte y centro se encontraron diferencias entre las abundancias de huellas registradas entre estaciones ( $U = 39$ ;  $P = 0.04$  y  $U = 45$ ;  $P = 0.01$ , respectivamente). La microrregión sur no presentó diferencias entre estaciones ( $U = 128.5$ ;  $P = 3.34$ ; Figura 7).



**Figura 7.** Número de huellas de tapir en las estaciones de secas y lluvias de 2010 en tres microrregiones de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

La abundancia anual de huellas varió entre las aguadas ( $H_{14} = 52.22$ ;  $P < 0.05$ ), siendo “Uxul” la aguada con mayor índice de abundancia (media 3.33 huellas/km,  $n = 30$ ). Sin embargo, durante la estación de secas no hubo diferencias entre las abundancias de huellas registradas en las aguadas ( $H_{14} = 21.13$ ;  $P > 0.05$ ). Al comparar las abundancias de huellas obtenidas durante lluvias y secas, solo la aguada “46 y medio” (46/2) mostró diferencias ( $U = 7$ ;  $P = 0.03$ ).

**Tabla 3.** Número y abundancia de huellas de tapir por microrregiones y aguadas durante la estación seca y lluviosa del año 2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

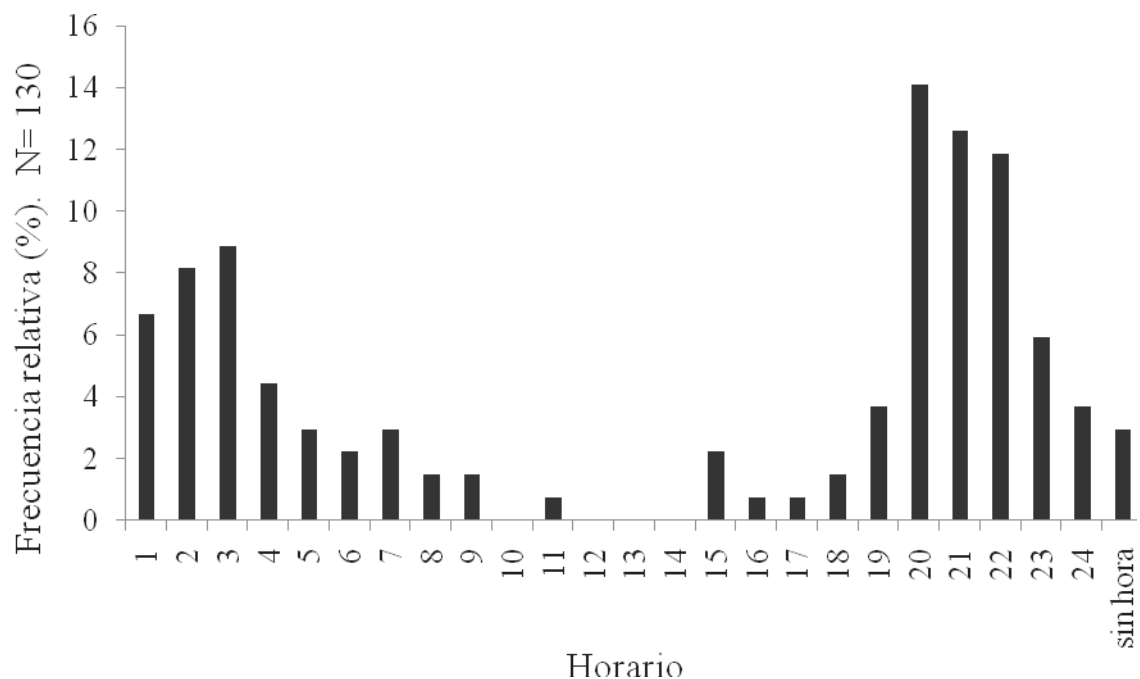
Microrregión	Aguada	Estación						Total		
		Secas			Lluvias					
		NH	AH	ES	NH	AH	ES	NH	AH	ES
Norte	Km 20	10	2.23	0.79	5	1.13	0.81	15	1.68	0.56
	Dos Carmelos	4	0.9	0.59	0	0	0	4	0.45	0.33
	Oxp1	3	0.67	0.38	1	0.23	0.23	4	0.45	0.22
	Oxp2	4	0.9	0.9	0	0	0	4	0.45	0.45
	Total norte	21	1	0.34	6	1	0.34	27	1	0.22
Centro	46/2	7	2.43	0.81	5	0	1.13	12	1.78	0.5
	Bonfil	5	1.1	0.59	0	1.67	0.23	5	0.67	0.34
	Águila	11	0.67	0.38	5	0.33	0.23	16	0.45	0.22
	Changuis	5	1.53	0.23	1	0.33	0.67	6	1.1	0.28
	Calakmul	3	1.57	0.59	1	1	1.1	4	1.33	0.57
Total centro	31	1	2.26	12	1	0.67	43	1	0.19	
Sur	Chilar	7	1.13	0.43	3	1.67	0	10	0.57	0.32
	Galleta	7	2	0	7	2.33	2.43	14	2.22	0.7
	Totonaca	9	1.57	0.59	11	3.67	1.57	20	1.57	0.47
	Zapote bobo	13	2.9	0.9	14	4.67	3.13	27	3.02	0.54
	Burgués	20	4.47	1.18	9	3	2	29	3.23	0.78
Total sur	73	2.63	0.41	57	3.28	2.01	130	2.36	0.32	

NH= número de huellas, AH= abundancia de huellas por km recorrido y ES= error estándar de la media.

La comparación del número de registros fotográficos y huellas encontradas durante la estación seca en 2010, muestra que las aguadas en las que se encontraron más huellas como “Burgués” y “Uxul” con 20 y 17 respectivamente, no coinciden con los sitios en donde se registró el mayor número de registros fotográficos. A pesar de que alrededor de todas las aguadas se encontraron huellas, hubo ocho aguadas en las que no se obtuvieron registros fotográficos, principalmente de la microrregión centro.

### Patrón de Actividad Estructura Poblacional

En las aguadas en las que se obtuvieron más de cinco registros se observó que los tapires visitaron las aguadas en lapsos de día y medio a tres días, hasta por periodos de poco más de dos semanas. Durante la noche y madrugada fue cuando se obtuvieron mayor número de registros: entre las 2000 h y 2400 h se obtuvo el 44.4% de los registros, y entre las 0100 h y 0400 h se obtuvo el 28.1% de los registros. En total, el 86.7% de los registros se presentó durante la noche, y únicamente el 13.3% durante el día (Figura 8).



**Figura 8.** Porcentaje de registros fotográficos de tapir en relación al horario, en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche.

### Caracterización del Hábitat

Del total de especies de frutos registradas en el área de estudio (34), solamente 11 de ellas han sido reportadas como parte de la dieta del tapir (Cruz 2001, Foerster 2002, Naranjo 2009, Tobler *et al* 2006). Solamente tres especies (*Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota* y *Vitex gaumeri*) representaron alrededor del 85% del porcentaje de ocurrencias de especies de frutos potenciales de la dieta del tapir (Tabla 4); el 74.5% de los frutos, se encontró durante lluvias.

**Tabla 4.** Porcentaje de ocurrencia para cada uno de los frutos potenciales en la

dieta del tapir, encontrados en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

Familia	Especie	Nombre común	Porcentaje
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	38.56
Moraceae	<i>Bucida buceras</i>	Pucté	0.03
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Uvero	2.69
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Ciricote	0.47
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Mata palo	1.55
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Pixoy	6.9
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	Mora	0.2
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote	31.93
Fabaceae	<i>Pithecellobium insigne</i>	Limoncillo	2.62
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Ciruelo	0.47
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Yaxnik	14.57

Durante los seis meses de muestreo la disponibilidad de frutos potenciales en la dieta del tapir fue mayor en la microrregión norte (media 1.7 frutos/m<sup>2</sup>, ES= 0.33) y en la microrregión centro se encontraron menos frutos (media 0.8 frutos/m<sup>2</sup>, ES= 14). En la aguada “Uxul” se encontró la mayor densidad de frutos (media 3.55, D= 4.98 frutos/m<sup>2</sup>) y en las aguadas “Burgués” y “Totonaca” se registró la menor densidad. Se encontraron diferencias espacio-temporales en el número de frutos entre las microrregiones y aguadas, tanto en secas, lluvias y durante todo el muestreo. En la estación de lluvias se registró mayor número de frutos (media 1.93, D= 1.93 frutos/m<sup>2</sup>) en comparación con la de secas (media 0.55, D= 0.56 frutos/m<sup>2</sup>) encontrándose diferencias entre la disponibilidad estacional de los frutos ( $F_1 = 38.14$ ,  $P < 0.05$ ; Tabla 5 y 6; Figura 9 y 10).

Al realizar la comparación estacional en la densidad de frutos por cada microrregión, la microrregión centro fue la única que no presentó diferencias ( $U = 103.5$ ;  $P > 0.05$ ). La densidad estacional de frutos por aguada fue diferente en Dos Carmelos ( $U = 105.5$ ,  $P = 0.05$ ), Oxp1 ( $U = 270.5$ ,  $P < 0.05$ ), Oxp2 ( $U = 183.5$ ,  $P < 0.05$ ), Cuarenta seis y medio ( $U = 738$ ,  $P < 0.05$ ), Bonfil ( $U = 293$ ,  $P < 0.05$ ), Zapote bobo ( $U = 92$ ,  $P < 0.05$ ), Burgués ( $U = 65$ ,  $P < 0.05$ ) y Uxul ( $U = 110$ ,  $P < 0.05$ ).

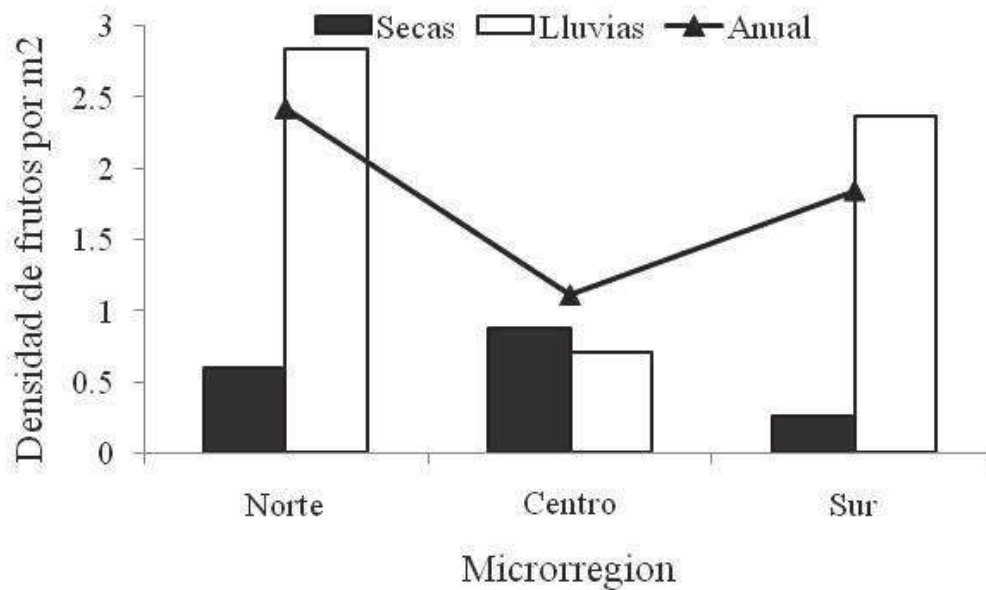
**Tabla 5.** Densidad de frutos potenciales en la dieta del tapir por microrregiones y aguadas durante las estaciones de secas y lluvias en 2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

Micro rregión	Aguada	Secas			Lluvias			Total		
		No. Frutos /m <sup>2</sup>	X	ES	No. Frutos /m <sup>2</sup>	X	ES	No. Frutos /m <sup>2</sup>	X	ES
Norte	km20	1.20	1.22	0	2.71	2.7	0	2.78	1.95	0.34
	Dos									
	Carmelos	0.00	0	0	2.36	2.4	0	1.67	1.2	0.54
	Oxp1	0.50	0.49	0	5.2	5.2	0	4.03	2.85	1.05
	Oxp2	0.70	0.66	0	1.03	1	0	1.19	0.85	0.07
Centro	Total									
	norte	0.60	0.59	0.13	2.83	2.83	0.46	2.42	1.71	0.33
	46/2	2.80	0.21	0	1.01	0.7	0	0.86	1.75	0.47
	Bonfil	0.70	2.8	0	0.75	1.3	0	2.51	1	0.13
	Águila	0.40	0.7	0	1.27	0.3	0	1.39	0.35	0.02
Sur	Changuis	0.30	0.4	0	0.28	0.2	0	0.48	0.25	0.02
	Calakmul	0.00	0.27	0	0.18	5.4	0	0.32	2.7	1.21
	Total									
	centro	0.84	0.83	0.26	0.66	0.7	0.11	1.05	0.79	0.14
	Chilar	0.20	0.03	0	5.37	1	0	3.82	0.6	0.18
Sur	Totonaca	0.00	0.07	0	0.85	0.3	0	0.65	0.15	0.07
	Galleta	0.10	0.03	0	0.3	0.8	0	0.23	0.45	0.16
	Zapote									
	bobo	0.30	0.31	0	1.34	1.3	0	1.17	0.8	0.22
	Burgués	0.00	0	0	0.3	0.3	0	0.21	0.15	0.07
Sur	Uxul	1.10	1.07	0	5.96	6	0	4.98	3.55	1.1
	Total sur	0.28	0.29	0.1	2.35	2.35	0.58	1.84	1.3	0.34

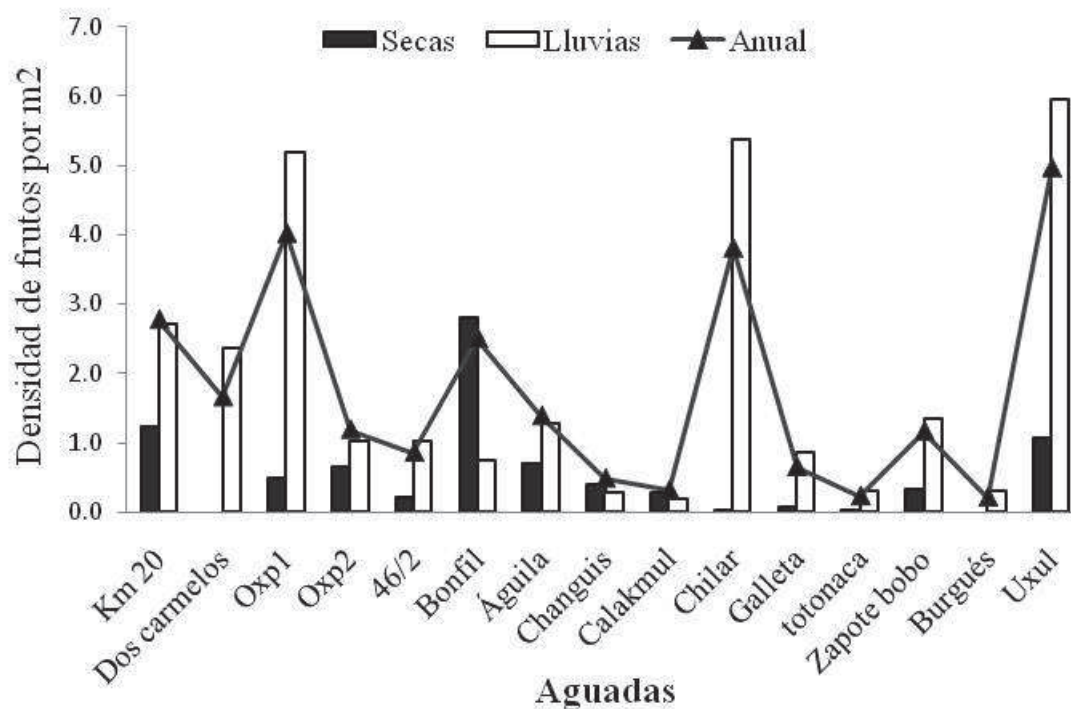
X= Media de la densidad y ES= Error estándar de la media.

**Tabla 6.** Comparación entre medias de la densidad de frutos por aguadas y microrregiones de la Reserva de la Biosfera Calakmul ( $P < 0.05$ ).

Variable	Periodo	H	gl	P
Microrregiones	Anual	5.16	2	0.04
Microrregiones	Secas	10.07	2	0.01
Microrregiones	Lluvias	11.64	2	0.01
Aguadas	Anual	48.23	14	0
Aguadas	Secas	44		0
Aguadas	Lluvias	44		0



**Figura 9.** Densidad de frutos encontrados por microrregión durante secas y lluvias de 2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

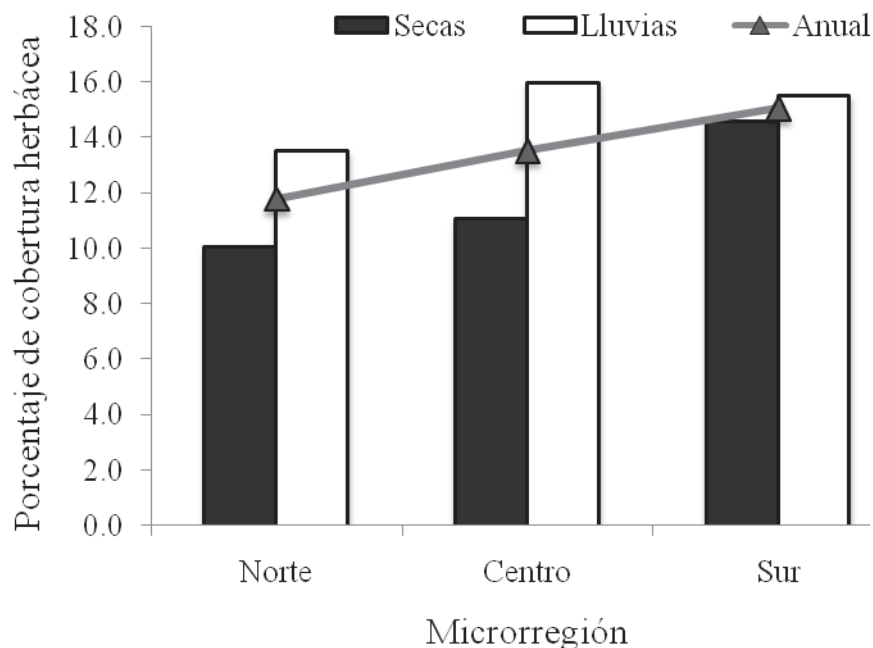


**Figura 10.** Densidad de frutos encontrados por aguada durante las estaciones de secas y lluvias en 2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

En los sitios en donde se encontró mayor disponibilidad de frutos se registró mayor abundancia de huellas y registros fotográficos. Durante todo el muestreo (2010) se registró más disponibilidad de frutos y mayor abundancia de huellas en la aguada con mayor disponibilidad de frutos (“Uxul”). Durante la estación seca, la aguada “Bonfil” registró mayor disponibilidad de frutos y mayor abundancia de registros fotográficos, aunque en esta aguada no se encontró mayor abundancia de huellas.

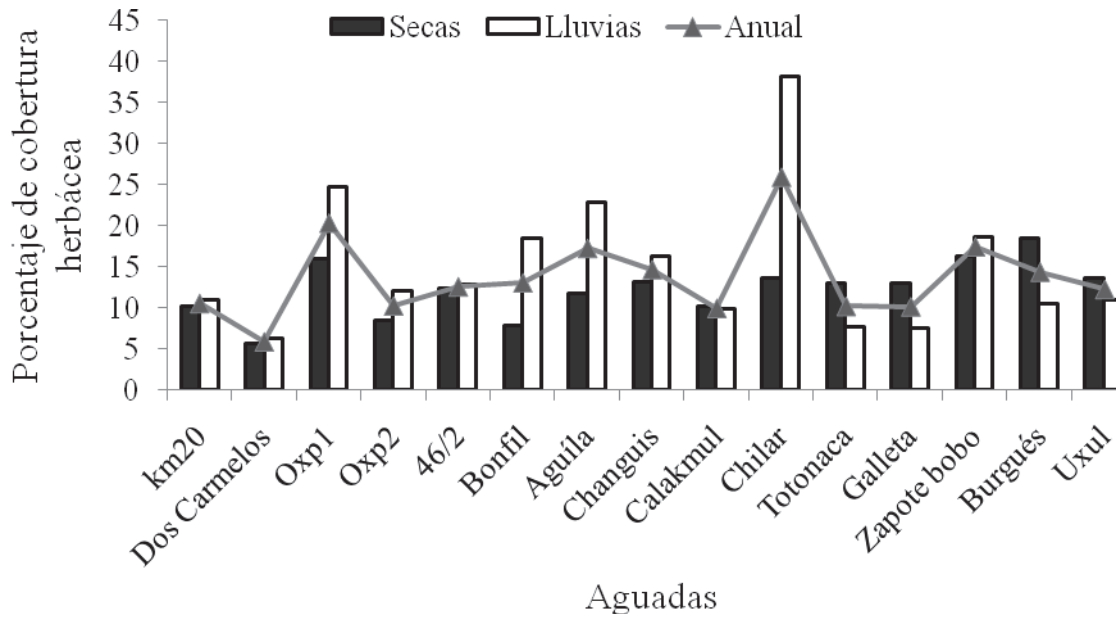
La comparación entre el porcentaje anual de cobertura herbácea (PCH) mostró diferencias entre microrregiones y entre aguadas ( $H_2= 6.62$ ;  $P< 0.05$ ;  $H_{14}= 57.3$ ;  $P< 0.05$  respectivamente). El PCH anual por microrregión fue mayor en la centro durante la estación de lluvias, pero durante secas fue mayor en la microrregión sur (Figura 11). Siendo la microrregión centro, la única en la que se encontraron diferencias estacionales centro ( $U= 45$ ;  $P< 0.05$ ). Solamente durante la estación seca se encontraron diferencias entre los PCH por microrregión ( $H_2=19.45$ ;  $P< 0.05$ ).





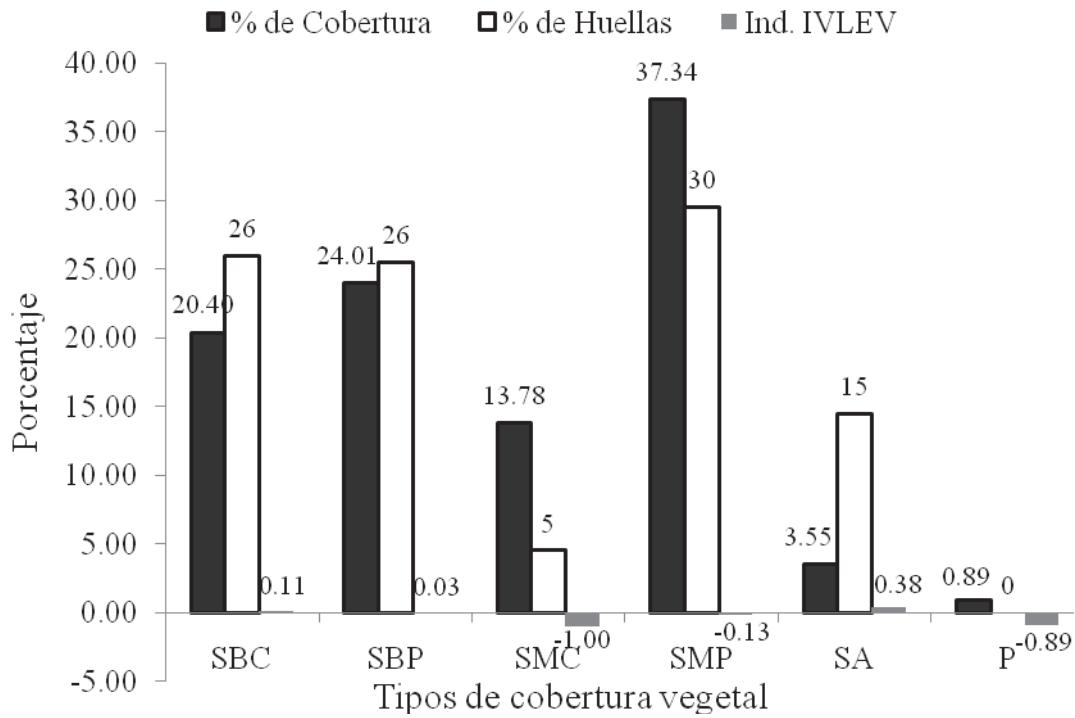
**Figura 11.** Porcentaje de cobertura herbácea en tres microrregiones de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, durante la estación seca y de lluvias de 2010.

El PCH anual fue mayor en la aguada “Chilar”, durante la estación de secas fue mayor en la aguada “Burgués” y durante lluvias lo fue en “Oxpemul 1” (Figura 12). En ambas estaciones se encontraron diferencias en el PCH entre las aguadas; al comparar el PCH de cada una de las aguadas entre estaciones, únicamente se encontraron diferencias significativas entre secas y lluvias en las aguadas “Oxp1” ( $U= 16$ ;  $P< 0.05$ ), “Bonfil” ( $U= 13.5$ ;  $P< 0.05$ ), “Chilar” ( $U= 15.5$ ;  $P< 0.05$ ) y “Burgués” ( $U= 6$ ;  $P< 0.05$ ).



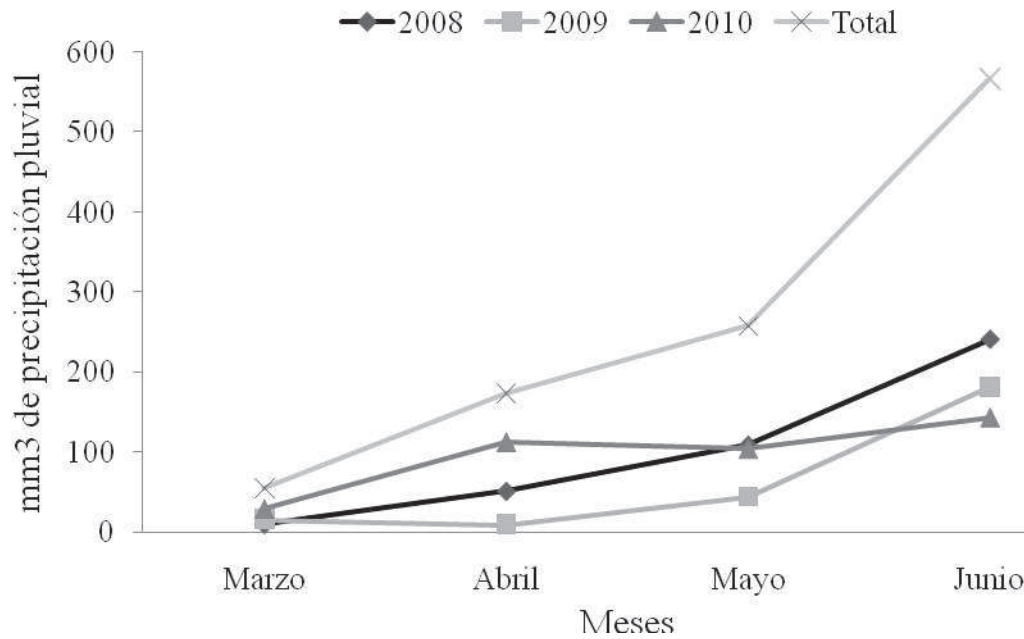
**Figura 12.** Porcentaje de cobertura herbácea en 15 aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, durante la estación seca y de lluvias de 2010.

Sumando las extensiones de cada tipo vegetación por aguada, la selva mediana perennifolia (SMP) representó el 37 % de la cobertura vegetal en la cual se hicieron los muestreos, seguida de la selva baja perennifolia (SBP) 24 %, selva baja caducifolia (SBC) 20%, selva mediana caducifolia (SMC) 14 %, selva alta (SA) 4 % y pastizal (P) 1%. En la SMP se encontró el 30% de las huellas, seguido de la SBP con 27 %, SBC con 24%, SA con 14 % y SMC con 4% (Figura 13). El tipo de vegetación en donde se registró mayor AH en relación a la superficie cubierta fue la SA (Índice de Ivlev, EI= 0.37) y la SMC fue el tipo de cobertura vegetal con menor abundancia de huellas en relación a su superficie (EI= -1).



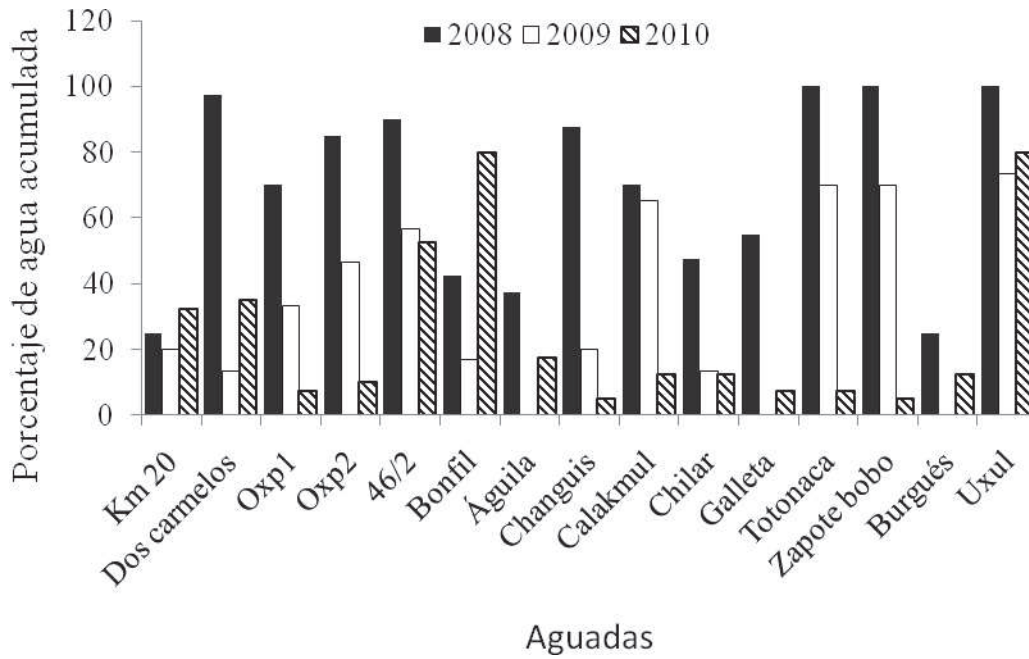
**Figura 13.** Porcentaje de tipos de cobertura vegetal y proporción de huellas encontradas en cada uno de ellos en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

El número de registros fotográficos (RF), en aguadas en las que se registró la ocurrencia de tapir, varió en relación a la precipitación registrada mensualmente. Durante los meses de menor precipitación (marzo-abril) hubo más RF pero en pocas aguadas y también se registraron más huellas. Pero después de las primeras lluvias (mediados de mayo), el número de RF y huellas registradas fue menor y se registro la ocurrencia de tapir en más aguadas (Figura 14).



**Figura 14.** Precipitación pluvial media mensual (mm) registrada en la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche; durante los meses en los que se mantuvieron activas las cámaras trampa durante 2008, 2009 y 2010.

El promedio del área de las aguadas monitoreadas en la microrregión sur fue mayor al de las otras microrregiones, seguido de la microrregión centro y la microrregión norte. Sin embargo, el porcentaje de agua acumulada en las aguadas varió a través del tiempo (Figura 15).



**Figura 15.** Porcentaje de agua acumulada en las aguadas durante la estación seca de los años 2008, 2009 y 2010, en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

El porcentaje de agua almacenada en las aguadas parece tener un efecto en las abundancias, ya que se observó que la mayor abundancia de registros fotográficos se registró en las aguadas con mayor porcentaje de agua. Sin embargo, se registraron casos en donde las abundancias de registros fotográficos y huellas fueron mayores en aguadas con poco porcentaje de almacenamiento de agua. Del total de RF obtenidos, 88 (67.7%) fueron en aguadas con un porcentaje de agua acumulada mayor de 50%, mientras que en 17 (13%) fueron en aguadas con un porcentaje de agua acumulada menor al 20%; indicando así que la distribución del tapir (basada en registro-no registro) está determinada por la presencia de agua en las aguadas. Las variaciones en la precipitación pluvial registrada influyeron con el número de RF y de aguadas en las que estos fueron tomados, ya que a menor precipitación fue menor el número de aguadas en las que se registró la presencia de tapir y mayor la abundancia de RF registrada en ellas.

Considerando el porcentaje de tipos de cobertura con un búfer de 1km en el modelo lineal generalizado, las variables que determinan la abundancia de registros fotográficos durante el periodo de muestreo 2008-2010 son la presencia de acahual arbóreo (L-R  $X^2= 23.9$ ,  $P < 0.0001$  L-R  $X^2= 7.9$ ,  $P < 0.05$ ) y selva alta (L-R  $X^2= 11.54$ ,  $P < 0.05$ ). Los porcentajes de diferentes tipos de cobertura vegetal en búfers de 3 km de diámetro, las variables explicativas de la abundancia de registros fotográficos durante el periodo de muestreo 2008-2010 fueron el porcentaje de agua (L-R  $X^2= 9.2$ ,  $P < 0.05$ ), selva baja perennifolia (L-R  $X^2= 9.4$ ,  $P < 0.05$ ), selva baja caducifolia (L-R  $X^2= 10.3$ ,  $P < 0.05$ ) y sin vegetación aparente (L-R  $X^2= 9.4$ ,  $P < 0.05$ , Tabla 8). Sin embargo, es importante aclarar que para estos análisis no se consideraron las variables de disponibilidad alimento ya que no se contó con la información de los años 2008 y 2009.

Al considerar únicamente los registros de 2010, con los datos de búfers de 1 km de diámetro, las variables explicativas de la abundancia de registros fotográficos fueron la cobertura herbácea (L-R  $X^2= 4.2$ ,  $P < 0.05$ ), selva baja caducifolia (L-R  $X^2= 4.4$ ,  $P < 0.05$ ), selva alta (L-R  $X^2= 23.9$ ,  $P < 0.0001$ ), acahual arbóreo (L-R  $X^2= 7.9$ ,  $P < 0.0001$ ) y sin vegetación aparente (L-R  $X^2= 13.1$ ,  $P < 0.05$ ). Y al considerar los datos de tipos de cobertura vegetal en búferes de 3 km, las variables aparentemente más determinantes fueron la selva mediana (L-R  $X^2= 9.4$ ,  $P < 0.05$ ), acahual arbóreo (L-R  $X^2= 40.5$ ,  $P < 0.0001$ ) y sin vegetación aparente (L-R  $X^2= 3.9$ ,  $P < 0.05$ , Tabla 8).

**Tabla 8.** Variables determinantes en la abundancia de registros fotográficos, MLG.

	<b>Búfer</b>	<b>Periododemuestreo</b>	<b>Estimador</b>	<b>ES</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>L-R Variable</b>	
						<b>P</b>	
AA	1 km	2008-2010	0.04	0.01	23.98	<0.0001	
Selva alta	1 km	2008-2010	0.03	0.01	11.55	0.00	
% de agua	1 km	2008-2010	0.01	0.00	3.48	0.06	
% de agua	3 km	2008-2010	0.01	0.00	9.24	0.00	
SBP	3 km	2008-2010	-0.02	0.01	12.43	0.00	
SBC	3 km	2008-2010	-0.03	0.01	10.26	0.00	
SVA	3 km	2008-2010	-3.51	1.96	6.82	0.01	
PCH	1 km	2010	-0.19	0.10	4.15	0.04	
SBC	1 km	2010	-0.13	0.08	4.36	0.04	
Selva alta	1 km	2010	0.07	0.02	25.53	<0.0001	
AA	1 km	2010	0.09	0.02	47.77	<0.0001	
SVA	1 km	2010	-0.24	0.08	13.09	0.00	
SM	3 km	2010	0.03	0.01	9.37	0.00	
AA	3 km	2010	0.04	0.01	40.53	<0.0001	
SVA	3 km	2010	-3.51	2.55	3.92	0.05	

ES error estándar, PCH porcentaje de cobertura herbácea, AA acahual arbóreo, SBP selva baja perennifolia, SBC selva baja caducifolia, SVA sin vegetación aparente, SM selva mediana.

Las variables más explicativas en la distribución de la abundancia de huellas del tapir en la región de Calakmul fueron: la mayor disponibilidad de frutos (L-R  $X^2 = 7.9$ ,  $P < 0.05$ ) y la capacidad de almacenamiento de agua de las aguadas la cual está determinada por su profundidad (L-R  $X^2 = 7.9$ ,  $P < 0.05$ ). Si bien en la microrregión con mayor disponibilidad de frutos no fue donde se registró la mayor abundancia de huellas. Pero a nivel de aguada, si se registró mayor de abundancia de huellas en donde hubo más disponibilidad de frutos. Cabe mencionar que a pesar de que el tipo de vegetación no resultó ser significativo según el modelo, si existió una relación del tipo de vegetación (selva baja caducifolia y alta perennifolia) con la mayor disponibilidad de frutos y abundancia de huellas.

## DISCUSIÓN

Factores del hábitat como la disponibilidad de agua y alimento son determinantes 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). Para Centro y Sudamérica se ha reportado que el tapir (*T. bairdii* y *T. terrestris*) reduce su rango de acción durante la estación seca, manteniéndose cerca de fuentes de agua (Foerster y Vaughan 2002, Noss *et al.* 2003, Trolle *et al.* 2008). Naranjo (1995a), como Foerster y Vaughan (2002) coinciden en señalar que la disponibilidad de alimento como frutos y vegetación secundaria son factores que determinan las variaciones en el uso de hábitat del tapir en Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. Estudios en África del Sur indican que la presencia de cuerpos de agua estacionales reduce el periodo en el que los ungulados se mantienen cerca de cuerpos de agua perennes (Smith 1996, Redfern *et al.* 2003); en la Reserva de la Biosfera de Calakmul los tapires son más abundantes en las aguadas “perennes” durante la estación seca, mientras que en la estación de lluvias su abundancia incrementa en las aguadas “intermitentes”.

En base a las capturas fotográficas se pudo observar que la distribución del tapir en el área de estudio varía en el tiempo y espacio, dependiendo de las condiciones del hábitat, principalmente por la presencia de agua en los sitios de estudio y la precipitación pluvial. El tapir estuvo más distribuido en las aguadas de la microrregión sur en comparación con las otras microrregiones. Esta microrregión se caracterizó por presentar mayor gradiente de humedad, aguadas con mayor capacidad de almacenamiento y mayor porcentaje de cobertura de selva alta y mediana perennifolia. Sin embargo, en las aguadas en las que se obtuvieron fotografías, no fue posible confirmar la ausencia ya que durante el año 2010 se encontraron huellas asociadas a sitios en los que no se obtuvieron fotografías.

Algunos estudios indican que la disponibilidad de agua es determinante para la distribución de los grandes ungulados en Calakmu; Reyna-Hurtado *et al.* (2009) reportaron



que la disponibilidad de agua fue más determinante que el alimento para los pecaríes de labios blancos. Durante la estación seca en Calakmul, los pecaríes de labios blancos concentran sus actividades alrededor de los cuerpos de agua perennes, haciendo mayor uso de la selva mediana perennifolia en la cual obtienen el mayor porcentaje de frutos que consumen. Por el contrario, durante la estación de lluvias expanden su ámbito hogareño utilizando los cuerpos de agua intermitentes y selvas bajas inundables al desplazarse. En la misma región Martínez-Kú *et al.* (2008) reportó que en sitios sin aguadas cercanas encontró mayor densidad de huellas de tapir durante la estación de lluvias.

El número de registros fotográficos registrados fue mayor en los cuerpos de agua que se mantuvieron llenos por más tiempo, y la mayor abundancia de huellas estuvo asociada a la capacidad de almacenamiento de los cuerpos de agua y la disponibilidad de frutos de sus alrededores. Si bien se registraron huellas en sitios en donde no se obtuvieron capturas fotográficas, muchas de ellas se registraron durante la estación de lluvias, en la que no se mantuvieron activas las cámaras. La abundancia total de huellas obtenida es mayor a la que se había reportado anteriormente para la región, en donde se han estimado abundancias relativas de 0.04 huellas/ km (Reyna-Hurtado y Tanner 2005) y 0.13 huellas/km (Martínez-Kú *et al.* 2008). Las abundancias reportadas para el tapir en otras regiones de México y Centroamérica varían desde 0.15 huellas/km en el norte de Honduras (Flesher 1999) a 1.37 huellas/km en la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas (Cruz 2001; Tabla 9).

La mayoría de las publicaciones en las que se reporta la abundancia de registros fotográficos de tapir son de América del Sur con las especie *Tapirus terrestres* y *T. pinchaque* (Noss *et al.* 2003, Trolle *et al.* 2008). La única abundancia reportada de registros fotográficos en México es de 32.6/1000 trampas noche, estimada en el 2008 durante la estación seca en el área de protección de Flora y Fauna Balan Ka'ax, Q. Roo (Pérez-Cortez y Matus-Pérez 2010). Esta cifra es ligeramente inferior a la registrada durante este estudio 36.47/1000 trampas

noche, posiblemente esta diferencia se deba a un menor el esfuerzo que se aplicó en el primer estudio. González-Maya *et al.* (2009) reportó una abundancia de registros fotográficos mayor a la de este estudio para la región de Talamanca, Costa Rica (Tabla 9). Considerando los diferentes diseños de muestreo, esfuerzos aplicados, condiciones ambientales y presiones antropogénicas sobre el hábitat estudiado, es de esperarse que existan diferencias entre los resultados reportados en los estudios mencionados. Además, es importante recordar que el diseño de este estudio se enfocó únicamente a sitios cercanos a cuerpos de agua, los cuales favorecen la mayor abundancia de tapires (Naranjo y Bodmer 2002, Martínez-Kú *et al.* 2008, Naranjo 2009).

**Tabla 9.** Índices de abundancia de huellas y registros fotográficos de tapir (*Tapirus bairdii*), en el Sureste de México y Centroamérica. (Modificada de Naranjo 2009).

Ubicación	Método	Esfuerzo de muestreo	Abundancia	Autores
Parque Nacional Corcovado, Costa Rica.	CH	230 km	0.66r/km	Naranjo (1995b)
Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, Méx.	CH	251 km	0.24 r/km	Naranjo y Cruz (1998)
Noreste de Honduras	CH		0.15 r/km	Flesher (1999)
Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, Méx.	CH	456.9 km	0.67 r/km	Lira <i>et al.</i> (2004)
Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, Méx.	CH	369 km	1.37 r/km	Cruz (2001)
Selva Lacandona, Chiapas, Méx. (sin cacería persistente)	CH	1,908 km total	1.07 r/100km	Naranjo y Bodmer (2007)
Selva Lacandona, Chiapas, Méx. (con cacería persistente)			0.5 r/ 100km	Naranjo y Bodmer (2007)
Región de Calakmul, Campeche, Méx. (sin cacería)	CH	56.6 km	0.04 r/100 km	Reyna-Hurtado y Tanner (2005)
Región de Calakmul, Campeche, Méx. (con cacería)		149.6 km	0.5 r/ 100km	Reyna-Hurtado y Tanner (2005)
Región de Calakmul, Campeche, Méx.	CH	248 km	0.13 r/km	Martínez-Kú <i>et al.</i> (2008)
Bala'an Ka'ax, Q. Roo, Méx.	CH	55.4 km	1.01 r/km	Pérez-Cortez y Matús-Pérez (2010)
Región de Talamanca, Costa Rica	Cámaras	2,106 TN	40.28/1000 trampas noche	González-Maya <i>et al.</i> (2009)
Bala'an Ka'ax, Q. Roo, Méx.	Cámaras	184 TN	32.6/1000 trampas noche	Pérez-Cortez y Matús-Pérez (2010)
Reserva de la Biosfera de Calakmul			37.03/1000 trampas	Pérez-Cortez, Pronatura (este estudio)
Cámaras		3,510 TN	noche	

La abundancia de huellas (r) es r/km y la de registros fotográficos es el número de registros/1000 trampas noche, CH conteo de huellas, TN trampas noche.

El patrón de actividad de los tapires registrado en este estudio es similar a lo reportado para Costa Rica (Foerster y Vaughan 2002; González-Maya *et al.* 2009) en donde se observó que el 80.4% de la actividad del tapir es durante la noche (1800 a 0559 h). En el presente estudio el 86.7% de los registros fotográficos se obtuvieron durante la noche, lo que indica

que es una especie de hábitos predominantemente nocturnos. Es probable que la actividad nocturna del tapir sea para evitar el estrés hídrico que pudiera generarse por mantenerse activo en los horarios de mayor temperatura (Foerster y Vaughan 2002). Para el venado cola blanca se reportó que reduce su gasto energético en relación a la menor precipitación (Gallina y Bello 2010). Algunos autores consideran que la presión de cacería influye para que el tapir tenga mayor actividad durante la noche (Eisemberg 1989, Naranjo y Bodmer 2002). Sin embargo, en la RBC y Corcovado la presión de caza es baja y aun así se encontró que el tapir es de hábitos nocturnos.

En Calakmul se observó que los pecaríes de labios blancos concentran su área acción alrededor de las aguadas durante la estación seca (Reyna-Hurtado *et al.* 2009). Los tapires reducen su rango de acción durante la estación seca, sus desplazamientos son más cortos y se mantienen cerca de cuerpos de agua (Foerster y Vaughan 2002, Noss *et al.* 2003, Trolle *et al.* 2008). El mayor número de capturas fotográficas se registró durante los meses de menor precipitación de cada año muestreado, en tanto que el número de huellas registradas fue mayor durante la estación seca en comparación a la estación de lluvias, coincidiendo con lo reportado por Martínez-Kú *et al.* (2008). En sitios con mayor abundancia de agua superficial se han encontrado mayores frecuencias de huellas durante la estación de lluvias (Naranjo 1995b, Naranjo y Cruz 1998). Sin embargo, Lira *et al.* (2004) no encontró diferencias en la abundancia de huellas estacionalmente. En otros estudios se ha registrado una mayor abundancia de huellas durante la estación de lluvias, diferente a este estudio. Esto quizás puede deberse a que a diferencia de trabajos previos, en el presente estudio los sitios de muestreo se concentraron alrededor de los cuerpos de agua (aguadas). Además, es probable que las lluvias favorezcan las condiciones del terreno para que sean más aptas para la impresión de huellas y ello facilite su registro, en comparación a la estación seca en donde la combinación entre la dureza del suelo y la acumulación de hojarasca dificultan el

reconocimiento de las huellas (Naranjo 1995b).

Los frutos de ramón y zapote representaron el 70.8% del total de los frutos encontrados, ambas especies han sido reportadas como parte de la dieta del tapir en México (O'Farril *et al.* 2006, Naranjo y Bodmer 2007). Sin embargo, se desconoce la importancia de éstas en la dieta del tapir. En Calakmul, estos frutos representan las principales fuentes de alimento para los venados y pecaríes (Weber 2004, Pérez-Cortez y Reyna-Hurtado 2008, Reyna-Hurtado *et al.* 2009). Se encontró mayor disponibilidad de frutos durante la estación de lluvias. Durante todo el muestreo no se encontraron diferencias espaciales en la disponibilidad de frutos entre las microrregiones, pero si las hubo entre aguadas. En la región se presenta una variación tanto espacial como temporal en la abundancia de frutos, la cual está determinada por precipitación, tipos de vegetación y la fenología de las especies (Weber 2004, Reyna-Hurtado 2007, Vargas-Contreras *et al.* 2009).

Naranjo (1995b) registró que en condiciones con abundancia de alimento, agua, sitios de descanso y poca pendiente del terreno, la abundancia de tapir es mayor en el Parque Nacional Corcovado (PNC). Por su parte, Reyna y Tanner (2005) reportaron mayor uso de SB inundable, y en la Reserva de la Biosfera La Sepultura también se observó mayor abundancia de huellas en SMP y SBC (Naranjo y Cruz 1998). En las aguadas y sus alrededores se presenta una transición entre diferentes tipos de vegetación y a la orilla de las aguadas existe un efecto de borde entre la selva y espacio sin cobertura arbórea, en el cual la dinámica de inundaciones mantienen un proceso de sucesión constante que favorece la presencia de vegetación secundaria por lo que es mayor la disponibilidad forraje y sitios de descanso. Se menciona que la entremezcla de diferentes tipos de vegetación favorece la mayor abundancia de tapir en áreas como la Selva Lacandona (Tejeda-Cruz *et al.* 2009) y se ha reportado que en sitios con baja presión de caza (i.e., áreas protegidas) el tapir hace mayor uso de la vegetación secundaria (Naranjo 1995b, Foerster y Vaughan 2002, Reyna y Tanner 2005).

En la RBC se reporta la presencia de 1,353 aguadas (0.186 aguadas por km<sup>2</sup>), y el número de aguadas del norte de la reserva duplica a las del sur, pero el promedio de la superficie de las del sur es seis veces mayor a las del norte (García-Gil *et al.* 2002); las aguadas de menor superficie son más propensas a secarse durante la estación seca. Al haber menor disponibilidad de agua se pierden las conexiones entre parches de hábitat y la población de tapires se agrega en parches de hábitat con agua y alimento disponible (O’Farril 2010). Al ser de mayor tamaño, las aguadas de la microrregión sur mantuvieron un mayor promedio de disponibilidad de agua durante el transcurso del estudio, manteniendo así las conexiones entre los hábitats lo cual favoreció a la mayor abundancia de tapir en dicha microrregión.

## **CONCLUSIONES**

La alta abundancia relativa registrada para el tapir en este estudio en comparación con otros estudios de la región se debe que los muestreos se realizaron en los alrededores de los cuerpos de agua y al buen estado de conservación del área de estudio. La abundancia de tapir, la densidad de frutos y la disponibilidad de agua varió con respecto al tiempo y espacio, siendo la microrregión sur en donde se registraron los mayores índices de abundancia tanto de huellas como de registros fotográficos. Además en estos sitios hubo mayor disponibilidad de agua durante la estación seca. Este elemento del paisaje debe ser considerado para argumentar la importancia de esta zona prioritaria para su conservación.

El tapir es una especie de hábitos principalmente nocturnos; es más abundante en selvas altas y bajas inundables, ya que en ellas hay mayor disponibilidad de frutos y hojas que consume como el ramón, zapote, palmas y piperáceas. Además de que en las selvas altas y medianas perennes la temperatura es menor con respecto a las selvas bajas, lo cual reduce al posible estrés hídrico de los organismos. La precipitación influye en la disponibilidad de agua

y alimento en el hábitat, motivo por el cual es determinante en la distribución y abundancia del tapir en Calakmul. Durante la estación seca los tapires son más abundantes alrededor de los cuerpos de agua perennes, que por lo general son los de mayor tamaño. En la estación de lluvias aumenta su abundancia en las aguadas pequeñas e intermitentes. La importancia de las aguadas para el tapir es fundamental para su sobrevivencia durante la época de secas, ya que son utilizadas de forma estacional y aunque en algunas de ellas no se encontró mucha actividad de tapires, ya sea por huellas o por RF, es muy probable que se deba a que hay otras aguadas cercanas con agua que están utilizando. Sin embargo, todas las aguadas son vitales para la fauna silvestre, particularmente para tapir. Un ejemplo de ello es la aguada “Bonfil” en la cual no se registró la presencia del tapir durante el año 2008, durante el 2009 únicamente se obtuvieron 3 RF y en el año 2010 fue la única aguada que se mantuvo llena durante la estación seca en las microrregiones norte y centro. Al parecer en ella se congregaron los tapires que habitan en esa región. De ahí la importancia de conocer la dinámica de las aguadas a largo plazo para conocer las variaciones espacio temporales del agua y la forma en la que dichas variaciones influyen en la distribución y abundancia del tapir.

La distribución, número y temporalidad de las aguadas y el mayor porcentaje de cobertura con acahual arbóreo y selva alta son los factores del hábitat más determinantes en la distribución, abundancia y patrones de movimiento del tapir en Calakmul. Sin embargo, lo que se considera como acahuales en la imagen de vegetación clasificada son partes bajas expuestas a inundaciones temporales en donde domina la vegetación secundaria y el porcentaje de cobertura herbácea es elevado. Además, en la aguada en la que se obtuvieron más registros fue en la que se encontró mayor porcentaje de cobertura de acahual arbóreo, lo cual incrementó el valor de la relación entre ambas variables.

Las condiciones del hábitat en cada una de las microrregiones son distintas en cuanto al gradiente de humedad, los tipos de vegetación predominantes y la disponibilidad de agua y

alimento. Considerando la abundancia de huellas y registros fotográficos de tapir en sus aguadas, la microrregión sur de la RBC fue de mayor importancia para el tapir, seguida de la centro y norte. Las aguadas representan enlaces entre diferentes fragmentos de hábitat en los que el tapir obtiene sus recursos. Al haber menos aguadas con agua disponible por lapsos más prolongados de tiempo, se podrían alterar los patrones de movimiento de la especie y ello tendría efectos a escala poblacional. Las aguadas son los elementos más importantes del paisaje para los tapires en una región como Calakmul donde la única agua disponible durante la época de secas se encuentra en estos cuerpos de agua en su mayoría temporales. Las aguadas deben formar parte de las prioridades de conservación de las autoridades correspondientes y no solo para las poblaciones de tapir sino para toda la fauna silvestre asociada a las aguadas durante todo el año.



## LITERATURA CITADA

- Altrichter M, Carrillo E, Saenz J, y Fuller TK. 2001. White-lipped peccary (*Tayassu pecari*, Artiodactyla: Tayassuidae) diet and fruit availability in a Costa Rican rain forest. *Revista de Biología Tropical* 49: 1183-1192.
- Álvarez del Toro M. 1966. A note on the breeding of Baird's tapir at Tuxtla Gutiérrez Zoo. *International Zoo Yearbook* 6:196-197.
- Aranda M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Primera edición. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. 212 p.
- Arthur SM, Manly BF, McDonald LL, Garner GW. 1996. Assessing habitat selection when availability changes. *Ecology* 77: 215-227.
- Bodmer R. 1989. Frugivory in amazonian artiodactyla: evidence for the evolution of the ruminant stomach. *Journal of Zoology* 219: 457- 467.
- Bodmer R. 1991. Strategies of seed dispersal and seed predation in Amazonian ungulates. *Biotropica* 23: 255-261.
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake J. 1993. Distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, London. UK. 446 p.
- Carbonell TF, González J. 2000. Análisis ecológico para la determinación del hábitat actual y potencial del tapir (*Tapirus bairdii*) en el Parque Nacional Volcán Tenorio y Zona Protectora Mira. ACA-SIG-INBio. Pp. 49-53.
- Caughley G. 1976. Wildlife management and the dynamics of ungulate populations. Pp. 183-246. En: Coaker TH, (Ed). *Applied Biology*. Vol. 1. Academic Press, London, UK.
- Caughley G. 1977. *Analysis of vertebrate populations*. John Wiley & Sons, New York, USA. 234 p.
- Caughley G, Sinclair A. 1994. *Wildlife ecology and management*. University of Blackwell Science, Cambridge. USA. 333 p.

- Cruz E. 2001. Hábitos de alimentación e impacto de la actividad humana sobre el tapir (*Tapirus bairdii*) en la Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, México. Tesis de Maestría. ECOSUR. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. 42 p.
- Eisenberg JF. 1989. Mammals of the Neotropics. Vol. 1, The Northern neotropics. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. 658 p.
- Flesher K. 1999. Preliminary notes on the conservation status of Baird's tapir in north-eastern Honduras. *Oryx* 33:294-300.
- Foerster CR, Vaughan C. 2002. Home range, habitat use, and activity of Baird's tapir in Costa Rica. *Biotropica* 34: 423-437.
- Foerster CR. 2002. Baird's Tapir Project, Corcovado National Park, Costa Rica. *Tapir Conservation* 11:11-13.
- Fryxell JM, Greever J, Sinclair AR. 1988. Why are migratory ungulates so abundant?. *The American Naturalist* 131: 781-798.
- Gallina S. Bello J. 2010. El gasto energético del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus texanus*) en relación a la precipitación en una zona semiárida de México. *Therya* 1: 9-22.
- García-Escalona M. 2003. El papel ecológico de las aguadas para murciélagos insectívoros en un bosque tropical subhúmedo. Tesis de Maestría ECOSUR. Chetumal, Quintana Roo. México 38 p.
- García-Gil G. 2000. Vegetación y uso del suelo de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche. Escala 1:50 000. Extraído del proyecto J118 Uso actual del suelo y estado de conservación de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

- García-Gil G, Palacio-Prieto JL, Ortiz-Pérez MA. 2002. Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM 48: 7-23.
- García-Gil G, Pat J. 2001. Apropiación del espacio y colonización de la selva en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Revista Mexicana del Caribe 10: 212-231.
- García-Gil G. 2003. Colonización humana reciente y formación del paisaje agrario en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México, D.F. 129 p.
- Gobierno del Estado de Campeche. 2004. <http://www.campeche.gob.mx/calakmul.php>.
- González-Maya J, Schipper J, Rojas-Jiménez K. 2009. Elevational distribution and abundance of baird's tapir (*Tapirus bairdii*) in different protection areas in Talamanca region of Costa Rica. Tapir Conservation, Newsletter of the IUCN/SSC Tapir specialist group. 18: 29-35.
- Guerra M. 2001. Cacería de subsistencia en dos localidades de la selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F. 84 p.
- Gysel LG, Lyon LJ. 1987. Análisis y evaluación del hábitat. Pp. 321-344. En Rodríguez-Tarrés R (Ed.). Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. Primera edición. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA. 703 p.
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). 2010. Red List of Threatened Species. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland. <http://www.iucnredlist.org>.
- Janzen DH. 1982. Seeds in tapir dung in Santa Rosa National Park, Costa Rica. Brenesia 19/20: 129-135.
- Karant U, Nichols J, Kumar S. 2004. Photographic sampling of elusive mammals in tropical forests. Pp. 229-247. En: Thompson W, (Ed.). Sampling rare or elusive species:

- concepts, designs, and techniques for estimating population parameters. Island Press. Washington, USA. 413 p.
- Krebs CJ. 1998. Ecological methodology. 2nd Ed. Benjamin Cummings, Menlo Park, California, USA. 620 p.
- Lidicker WZ. Jr. 1999. Responses of mammals to habitat edges: an overview. *Landscape Ecology* 14: 333-343.
- Lira I, Naranjo EJ, Güiris DM, Cruz E. 2004. Ecología de *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae) en la Reserva de la Biósfera El Triunfo (Polígono I), Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20:1-21.
- Lira I, Naranjo EJ, Reyes-Chargoy M. 2005. Ampliación del área de distribución de *Tapirus bairdii*, Gill 1865 (Perissodactyla: Tapiridae) en Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 21: 107-110.
- MacFarlane WV, Howard B. 1972. Comparative water and energy economy of wild and domestic mammals. *Symposia of Zoological Society of London* 31: 261-296.
- MacKenzie DI, Nichols JD, Lachman GB, Droege S, Royle JA, Langtimm CA. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83: 2248–2255.
- Maffei L, Cúellar E, Noss A. 2002. Uso de trampas-cámara para la evaluación de mamíferos en el ecotono Chaco-Chiquitania. *Revista Boliviana de Ecología de la Conservación Ambiental*. 11: 55–65.
- 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.
- March I. 1994. Situación actual del tapir en México. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Serie Monográfica no. 1. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 37 p.

- March I, Naranjo EJ. 2005. Tapir (*Tapirus bairdii*). Pp 496-497. En: Ceballos G, Oliva G. (Eds.), Los mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 988 p.
- Martínez E, Galindo-Leal C. 2000. La vegetación de Calakmul: descripción, composición y distribución. Boletín de la Sociedad Botánica de México.
- Martínez-Kú DH, Escalona-Segura G, Vargas-Contreras A. 2008. Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. Pp. 449-468. En: Lorenzo C, E. Espinoza y J. Ortega (Eds). Avances en el Estudio de los Mamíferos de México II. Publicaciones Especiales, Vol. II Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., CIBNOR, ECOSUR, IPN, UAEM, UAM, UNICACH, Universidad Veracruzana. 691 p.
- Morrison ML, Marcot BG, Mannan RW. 2006. Wildlife-habitat relationships concepts and applications. Third edition. Island Press. Washington, USA. 435 p.
- Naranjo EJ. 1995a. Hábitos de alimentación del tapir (*Tapirus bairdii*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. Vida Silvestre Neotropical 4: 32-37.
- Naranjo EJ. 1995b. Abundancia y uso de hábitat del tapir (*Tapirus bairdii*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. Vida Silvestre Neotropical 4: 20-31.
- Naranjo EJ. 2009. Ecology and Conservation of Baird's tapir in Mexico. Tropical Conservation Science 2: 140-158.
- Naranjo EJ, Bodmer RE. 2002. Population Ecology and Conservation of Baird's Tapir (*Tapirus bairdii*) in the Lacandon Forest, Mexico. Tapir Specialist Group 11: 25-33.
- Naranjo EJ, Bodmer RE. 2007. Source-sink systems of hunted ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. Biological Conservation 138:412-420.
- Naranjo EJ, Cruz E. 1998. Ecología del tapir en la Reserva de la Biósfera La Sepultura. Acta Zoológica Mexicana 73:111-125.

- Newton I. 1998. Population limitation in birds. Academic Press, London. 597 p.
- Noss AJ, Cúellar RL, Barrientos J, Maffei L, Cuellar E, Arispe R, Rúmiz D, Rivero K. 2003. A camera trapping and radio telemetry study of lowland tapir (*Tapirus terrestris*) in Bolivian dry forests. Tapir Conservation, Newsletter of the UICN/SSC Tapir specialist group 12: 24-32.
- O’Farril EG. 2010. The ecological causes and consequences of the movement of the baird's tapir (*Tapirus bairdii*). Tesis de Doctorado. Universidad de McGill. Montreal, Quebec, Canada. 235 p.
- O’Farrill G, Calme S, González A. 2006. *Manilkara zapota*: A new record of a species dispersed by tapirs. Tapir Conservation 15:32-35.
- Owen-Smith N. 1996. Ecological guidelines for waterpoints in extensive protected areas. South Africa Journal of Wild-life Research 26: 107-112.
- Pérez-Cortez S, Reyna-Hurtado AR. 2008. La dieta de los pecaríes (*Pecari tajacu* y *Tayassu pecari*) en la región de Calakmul, Campeche, México. Revista Mexicana de Mastozoología 12: 17-42
- Pérez-Cortez S, Matús-Pérez ES. 2010. El tapir *Tapirus bairdii* en la región sureste del Área de Protección de Flora y Fauna Bala’an Ka’ax, Quintana Roo. Therya 1: 137-144.
- Pianka ER. 1983. Evolutionary Ecology. Third edition. Harper and Row Publishers. New York, USA.
- 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.
- Reid FA. 1997. A field guide to the mammals of Central and Southeast Mexico. Oxford University Press, New York, USA. 334 p.

- Reyna-Hurtado R. 2007. Social ecology of the white-lipped peccary (*Tayassu pecari*) in the Calakmul forest, Mexico. Tesis de Doctorado. Universidad de Florida. Gainesville, Florida, USA. 132 p.
- Reyna-Hurtado R, Rojas-Flores E, Tanner GW. 2009. Home range and habitat preferences of white-lipped peccary groups (*Tayassu pecari*) in a seasonal tropical forest of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Mammalogy* 90:1199-1209.
- Reyna-Hurtado R, Tanner GW. 2005. Habitat preferences of ungulates on ungulates in hunted and nonhunted areas in the Calakmul forest. Campeche, Mexico. *Biotropica* 34: 676-685.
- Rivadeneira E. 2007. Hábitos alimentarios del tapir (*Tapirus bairdii*) en el sector sur de la Reserva de la Biósfera Montes Azules, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México.
- Robinson J, Redford K. 1994. Measuring the sustainability of hunting in tropical forests. *Oryx* 28: 249-256.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010: 1-56.
- Seydack HW. 1984. Application of a photo-recording device in the census of larger rain-forest mammals. *South African Journal of Wildlife Research* 14:10-14.
- Smith NO. 1996. Ecological guidelines for waterpoints in extensive protected areas. *South African Journal of Wildlife Research* 26: 107-112.
- Sokal RR y JF. Rohlf. 1981. *Statistical tables*. WH. Freeman y Co. New York, USA. 859 p.
- Southwood TR, May RM, Hashell MP, Conway GR. 1974. Ecological strategies and

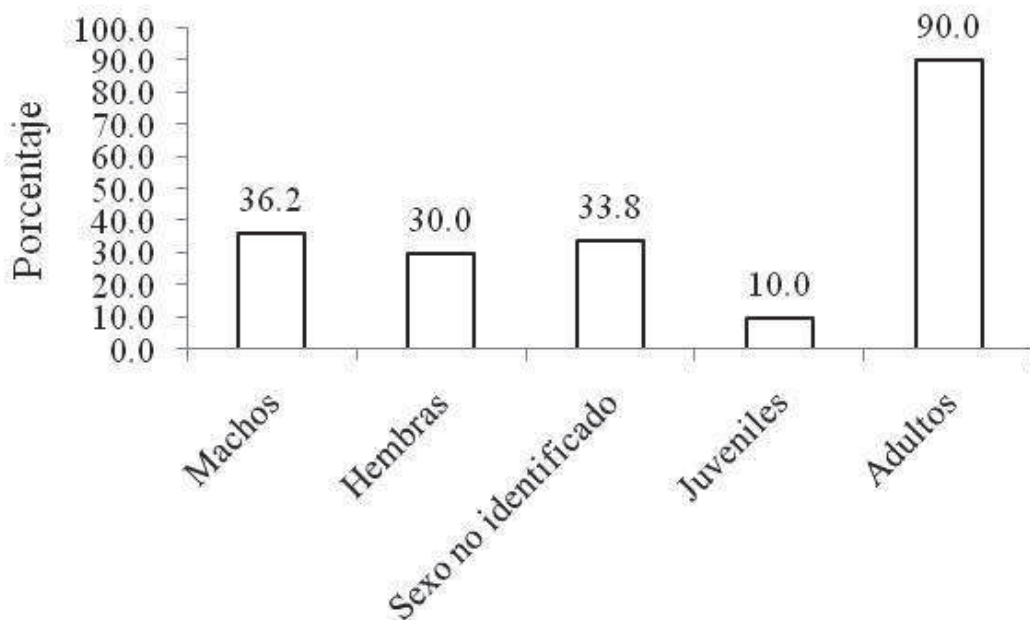
- population parameters. *The American Naturalist* 108: 791-804.
- Tejeda Tejeda-Cruz C, Naranjo EJ, Cuarón AD, Perales H, Cruz-Burguete JL. 2009. Habitat use of wild ungulates in fragmented landscapes of the Lacandon Forest. Southern Mexico. *Mammalia* 73: 211-219.
- Tobler MW, Naranjo EJ, Lira-Torres I. 2006. Habitat preference, feeding habits and conservation of Baird's tapir in Neotropical montane oak forests. Pp. 347-361. En: Kaapelle M. (Ed). *Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests*. Springer-Verlag, Germany.
- Trolle M, Noss AJ, Passos-Cordeiro JL, Oliveira LF. 2008. Brazil tapir density in the pantanal: a comparison of a systematic camera-trapping and line transect surveys. *Biotropica* 40: 211-217.
- Vargas-Contreras JA, Medellín RA, Escalona-Segura G, Interián-Sosa L. 2009. Vegetation complexity and bat-plant dispersal in Calakmul, Mexico. *Journal of Natural History* 43:219-243.
- Villa RB, Cervantes FA. 2003. *Los Mamíferos de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F. 140 p. + disco compacto.
- Yahner RH. 1988. Change in wildlife communities near edges. *Biology Conservation* 2: 333-339.
- Weber M. 2004. *Ecology and conservation of sympatric tropical deer populations in the greater Calakmul region, Mexico*. Tesis de Doctorado. Universidad de Durham. Durham, United Kingdom. 241 p.
- Western D. 1975. Water availability and its influence on the structure and dynamics of a savannah large mammal community. *Journal of African Wildlife* 13: 265-286.



## APÉNDICE 1.

### Estructura Poblacional

De los 130 registros fotográficos obtenidos de tapir entre 2008 y 2010, únicamente se logró la identificación de 13 individuos distintos (seis hembras, cinco machos y dos juveniles). Se determinó que 117 (90%) fueron adultos y 13 (10%) juveniles. De estos registros, el mayor porcentaje fue de machos con 47 (36.2%), 39 hembras (30%) y 44 registros no identificados (33.8%) (Figura 16). La proporción de sexos observada fue de 1.2 machos por hembra.



**Figura 16.** Porcentaje de registros fotográficos de tapir de acuerdo al sexo y edad, durante 2008, 2009 y 2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

De acuerdo a la estructura de edades registrada durante este estudio, la proporción de adultos fue de 90%, mientras que la de juveniles o crías fue de 10%. Esta proporción es parecida a la reportada para (PNC), Costa Rica, en donde la proporción de adultos fue de 88.5% y entre juveniles y crías 11.5% (Naranjo 1995b). El único dato reportado sobre la estructura de edades del tapir en México, menciona que en la Selva Lacandona los adultos

representaron el 78.9% y entre juveniles y crías el 21.1% (Naranjo y Bodmer 2002). De acuerdo a la historia de vida de los tapires, los cuales son especies de estrategia reproductiva k, es de esperarse que la estructura de edades esté dominada por adultos. Las especies con estrategia reproductiva tipo k se caracterizan por ser longevas, de gran tamaño, dedican mucho tiempo el cuidado parental y con bajas tasas de mortalidad y natalidad (Southwood *et. al.* 1974).

La proporción de sexos de 1.2 machos (36.2%) por cada hembra (30%) es parecida a la reportada por Foerster (2002) en el PNC, que es de 1.4 machos (58%) por cada hembra (42%). Otro estudio en el PNC menciona una proporción de 1.2 hembras (50%) por cada macho (48%; Naranjo 1995b). Naranjo y Bodmer (2002) reportaron que la proporción de sexos de tapir para la SL fue de 1.3 hembras (57.1%) por cada macho (42.9%). Es probable que se haya subestimado el número de hembras en este estudio, debido a que no se pudo identificar el sexo del 33.8% de los tapires fotografiados y es más fácil identificar a los machos que a las hembras.

## APÉNDICE 2.

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

<b>Aguada</b>	<b>Coordenada UTM</b>
Km20	16 Q 195061 2033180
Dos	
Carmelos	16 Q 197969 2026620
Oxpemul 1	16 Q 197958 2026650
Oxpemul 2	16 Q 206329 2026536
46/2	16 Q 208849 2015083
Bonfil	16 Q 209484 2012889
Águila	16 Q 212132 2000490
Changuis	16 Q 205448 2004137
Calakmul	16 Q 202009 2006311
Chilar	15 Q 807440 1994081
Totonaca	15 Q 810334 1980598
Galleta	15 Q 806870 1981161
Zapotebobo	15 Q 808329 1976585
Uxul	15 Q 817661 1982016
Búrgues	15 Q 806578 1975220

### APÉNDICE 3.

Especies de frutos disponibles encontradas en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombrecomún</b>
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Ciruelo
Anacardiáceae	<i>Metopium brounei</i>	Chechen
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i>	Roble
Bignoniaceae	<i>Tabernaemontana alba</i>	Campanilla
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Ciricote
Burseraceae	<i>Bursera graveolens</i>	Nabanche
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	Chacá
Burseraceae	<i>Elaphrium copal</i>	Copal
Burseraceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Zacpá
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i>	Kolok
Celastraceae	<i>Crossopetalum gaumeri</i>	Palo cebolla
Clusiaceae	<i>Garcinia intermedia</i>	Naranjillo
Ebenaceae	<i>Diospyros albens</i>	Box siliil
Ebenaceae	<i>Diospyros campechiana</i>	Siliil
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gaumeri</i>	Pomolche
Fabacea	<i>Acosmium panamense</i>	Yacti
Fabacea	<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	Pelmax
Fabacea	<i>Dalbergia browei</i>	Xul
Fabácea	<i>Leucaena latisiliquum</i>	Kansin blanco
Fabácea	<i>Leucaena punctatus</i>	Kansin negro
Fabácea	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tzalam
Fabaceae	<i>Pithecellobium insigne</i>	Limoncillo
Lamiaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Yaxnik
Malvaceae	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Amapola
Moracea	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon
Moracea	<i>Bucida buceras</i>	Pucté
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	Mata palo
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	Mora
Myrtaceae	<i>Psidium sartorianum</i>	Guayabillo
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Uvero
Rhamnaceae	<i>Krugiodendron ferrum</i>	Chintok
Sapindaceae	<i>Talisia olivaeformis</i>	Guaya
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote
terculiaceae	<i>Guazumaulmifolia</i>	Pixoy

#### APÉNDICE 4.

Imágenes de tapires fotografiados con cámaras trampa durante 2008, 2009 y 2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul.



Imágenes de aguadas muestreadas en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, durante el año 2010. A Calakmul, B Águila, C Dos carmelos y D Galleta.



## ANEXO 1.

### Artículo

**Las aguadas como factor limitante en la distribución y abundancia de *Tapirus bairdii* en la selva de Calakmul, Campeche, México.**

**The aguadas like limitant factor in distribution and abundance of *Tapirus bairdii* in the Calakmul forest, Campeche, Mexico.**

Sadao Pérez-Cortez<sup>1\*</sup>, Paula L. Enríquez<sup>1</sup>, David Sima-Pantí<sup>2</sup>, Rafael Reyna-Hurtado<sup>3</sup>, Eduardo J. Naranjo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>El Colegio de La Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n A.P. 63 C.P.29290. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. <sup>2</sup>Pronatura Península de Yucatán, Av. Francisco I Madero x 16 Centro Comercial Villa del Río Local 13, C.P. 24020.

Campeche, Campeche, México. <sup>3</sup>Department of Anthropology, McGill University, Montreal, Quebec, Canada

\*Autor para correspondencia: [saperez@ecosur.mx](mailto:saperez@ecosur.mx)

### Resumen.

Se evaluaron las características ambientales que podrían determinar la distribución y abundancia del tapir (*Tapirus bairdii*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC), Campeche. Se estudió el patrón de actividad de los tapires en las aguadas y su estructura poblacional. Quince aguadas y sus alrededores ubicadas en tres microrregiones de la RBC se seleccionaron y caracterizaron entre los años 2008-2010. La presencia del tapir se registró en 14 aguadas con un esfuerzo de muestreo de 3,470 días-trampa. La abundancia de registros fotográficos fue de 37.57 individuos /1000 trampas-noche. Los tapires mostraron un patrón de actividad nocturno y la estructura poblacional fue dominada por adultos, en donde la proporción de sexos fue de uno a uno. La microrregión sur y la aguada “Bonfil” (de la microrregión centro) tuvieron mayores registros fotográficos. El número de registros fotográficos, disponibilidad de alimento y agua presentaron variaciones a escala espacial y



temporal. La presencia del agua en las aguadas fue determinante para la distribución de tapir. Las variables ambientales que más influyeron en la abundancia fueron el porcentaje de agua en las aguadas y la dominancia vegetal de acahual arbóreo y selva alta. Las aguadas deben formar parte de las prioridades de conservación de la región de Calakmul.

**Palabras clave:** hábitat, agua, alimento, cobertura vegetal, disponibilidad.

### **Abstract.**

We evaluated the environmental characteristics that could determine distribution and abundance of the tapir (*Tapirus bairdii*) in Calakmul Biosphere Reserve (CBR), Campeche. We studied the activity pattern of tapir in watering holes or water supply (aguadas) and its population structure. Fifteen watering holes and surrounding located in three micro regions in the CBR were selected and characterized from 2008 to 2010. Tapirs presence were recorded in 14 watering holes with a sample effort of 3 470 days/tramp. The abundance of photograph records was of 37.57-individuals/1000 tramp/night. Tapirs showed activity pattern during night and population structure showed mainly adults where sex proportion was one to one. South micro region and Bonfil watering holes (center micro region) had more photograph records. Number of photo records, food availability and water showed spatial and temporal scales variations. Water presence in watering holes determined the tapir's distribution. Environmental variables associated in tapir's abundance were water percentage in watering holes and vegetation dominance such as secondary forest and rain forest. Watering holes must be part of conservation priorities in Calakmul region.

**Key words:** habitat, water, food, vegetation cover, availability.

## **Introducción.**

Los factores limitantes son aquellos que influyen en el tamaño poblacional al provocar su disminución o impedir su crecimiento (Newton, 1998). En la mayoría de las especies, la disponibilidad de alimento y agua puede determinar su presencia, movimientos y tamaño de las poblaciones. Sin embargo, los cambios en la disponibilidad de alguno de estos recursos pueden convertirse en factores limitantes en los patrones de distribución y abundancia de las especies (Rautenstrauch y Krausman, 1989; Mandujano y Gallina, 1995). La distribución, abundancia y dinámica de una población es el resultado de la adaptación a una serie de factores bióticos y abióticos (Pianka, 1983). Por lo tanto, la selección del hábitat está influenciada por los atributos y necesidades de la especie así como por las características propias del hábitat (Arthur et al., 1996; Morrison et al., 2006).

El tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) es el mamífero terrestre de mayor tamaño en la región de Mesoamérica. El tapir es un importante dispersor de semillas (Janzen, 1982; Bodmer, 1991; Naranjo, 1995a) y forma parte de la dieta de jaguar (*Panthera onca*), puma (*Puma concolor*) y cocodrilos (*Crocodylus* spp.) (March y Naranjo, 2005). Este mamífero además representa una fuente importante de proteína animal para pobladores en algunas comunidades rurales de México y Centroamérica (March, 1994; Robinson y Redford, 1994). La distribución del tapir en México se ha reducido notablemente; actualmente las principales poblaciones se encuentran en los estados de Chiapas, Campeche y Quintana Roo, aunque existen pequeñas poblaciones aisladas en la región sureste y noreste de Oaxaca (Lira et al., 2005). La principales amenazas que se han identificado para la especie son la pérdida y fragmentación del hábitat (Naranjo, 2009). El tapir centroamericano está considerado como una especie en peligro de extinción en todo su rango de distribución (UICN; <http://www.iucnredlist.org>; NOM-059-SEMARNAT-2010).



Por la extensión del área, el estado de conservación y conectividad de la selva, se considera que en la Región de Calakmul (RC) existe la mayor población de tapires en México (Naranjo, 2009). Sin embargo, debido a que esta especie requiere hábitats con abundantes fuentes de alimento y agua (Fragoso, 1997; Foerster y Vaughan, 2002; Naranjo y Bodmer, 2002), y a que la naturaleza cárstica del suelo en la RC impide la formación de cuerpos de agua superficiales, es muy probable que la abundancia y patrones de distribución del tapir en el área estén determinados por la ubicación, estacionalidad y factores del hábitat relacionados a la ubicación de los únicos cuerpos de agua que almacenan agua en la época de lluvias y que localmente son conocidos como “aguadas” (García-Gil, 2003).

A pesar de que la estimación del tamaño poblacional y el conocimiento de los factores que la determinan son indispensables para un monitoreo y manejo efectivo de cualquier población (Caughley y Sinclair, 1994; MacKenzie et al., 2002), en la RC aún se desconocen muchos de esos aspectos de la fauna silvestre y sobre todo de los mamíferos mayores como el tapir. Es necesario conocer las variaciones espacio-temporales de la distribución y abundancia del tapir y las características del hábitat que las determinan, para modelar y proyectar las posibles variaciones en su hábitat que puedan tener un efecto sobre la persistencia de su población a largo plazo, así como enfocar los esfuerzos de conservación y manejo de la especie en las áreas de mayor importancia ecológica para el tapir. Por ello, los objetivos de este estudio fueron: 1) registrar la relación entre las aguadas y el tapir al documentar su presencia; 2) estimar su abundancia e identificar las variables de hábitat que se relacionen con una mayor abundancia de la especie en las aguadas y sus alrededores; y 3) conocer el patrón de uso de las aguadas y la estructura de sexo y edad del tapir en la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC).

*Área de estudio:* Dentro de la Región Calakmul se encuentra el área de conservación de bosque tropical más grande del país, la Reserva de la Biosfera Calakmul la cual está

ubicada al sureste del estado de Campeche, México; entre los 19°15'17'' N y 90°10'89'' O. Tiene una extensión territorial de 7,231.85 km<sup>2</sup> (Gracia Gil y Pat, 2001; Fig. 1). Predomina el clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano y con menos de 60 mm de precipitación en el mes más seco (Aw<sub>1</sub>). La temperatura media anual es de 24.6° C y la precipitación anual varía de 500 a 2500 mm con un gradiente de humedad que se incrementa de norte a sur (García-Gil, 2003). Hasta el momento en la RBC se han reportado 1,600 de las 1,936 especies de plantas vasculares registradas para la Península de Yucatán y los tipos vegetación predominantes son la selva mediana subperennifolia, selva mediana caducifolia y selva baja subperennifolia (Martínez y Galindo-Leal, 2000).

### **Materiales y Métodos.**

Durante parte de la estación seca (abril-junio) de los años 2008, 2009 y 2010, Pronatura Península de Yucatán colocó 45 estaciones simples de foto-trampeo alrededor de 15 aguadas (3 por aguada; cada estación consistió en una cámara-trampa) las cuales se agruparon en tres microrregiones (norte, centro y sur; Fig. 1), el esfuerzo de muestreo fue de 3,470 trampas/noche. Por la disponibilidad de equipo se utilizaron tres modelos diferentes de cámaras (17 Deer Cam, 19 Wild View, 7 Stealth Cam y 2 Cam Trakker). Las cámaras se colocaron a una altura promedio de 30 cm, se programaron para la toma de fotos de alta calidad con lapsos de 30 segundos como mínimo entre una y otra fotografía, se mantuvieron activas las 24 h del día y cada 14 días se revisaba que estuvieran funcionando correctamente. El criterio utilizado de registro fue un individuo observado por aguada cada 24 horas. Cuando en una misma aguada se obtuvieron dos o más fotografías de individuos claramente diferentes en el mismo día, o bien, cuando en una foto aparecieron dos o más individuos, cada individuo identificado se consideró como un registro por separado. El índice de abundancia de registros fotográficos (ARF) se calculó como el número de registros fotográficos (RF) por 1000 trampas/noche (Trolle et al., 2008).

Cada aguada fue caracterizada de acuerdo a su superficie, profundidad, porcentaje de agua disponible (PAD) y porcentaje de tipos de cobertura vegetal (PCV). En el año 2010 se midió el porcentaje de cobertura herbácea (PCH) y la densidad de frutos (DF). La superficie de cada aguada se obtuvo recorriendo su perímetro y en relación a éste se estimó el porcentaje de agua disponible. Para estimar el porcentaje de cobertura vegetal, en una carta de uso actual del suelo y estado de conservación de la RBC (García-Gil 2000) se trazó un buffer de 1 km de diámetro alrededor de cada aguada y utilizando el programa ArcGIS se estimó el porcentaje ocupado dentro del búfer por los diferentes tipos de cobertura.

Durante los meses de marzo-agosto de 2010 se recorrieron mensualmente tres transectos lineales de 0.5 km asociados a cada una de las aguadas. En ellos se estimó la disponibilidad de frutos y el porcentaje de cobertura herbácea. El porcentaje de cobertura herbácea se midió en tres puntos por transecto (a los 100 m, 250 m y 400 m), utilizando para ello una pantalla cuadrículada de 1x1m (100 cuadros) horizontal (1.5 m de altura) y vertical (1 m de altura) en la que se contaron los cuadros ocupados por la vegetación herbácea (Gysel y Lyon 1987). Los resultados de las mediciones se promediaron para hacer la estimación por aguada. La disponibilidad de frutos se estimó registrando todos los frutos encontrados sobre el transecto; posteriormente se ubicó a la planta madre y debajo de ella se hizo un cuadrante de 2 m<sup>2</sup>, en el cual se contaron los frutos caídos mayores a 5 mm (Altrichter et al., 2001; Reyna-Hurtado et al., 2009).

El patrón de actividad de tapir en las aguadas se obtuvo analizando la fecha y hora de los registros fotográficos, los cuales se clasificaron en las categorías de diurnos (0600-1759 h) y nocturnos (1800-0559 h). Las proporciones de edades y de sexos se estimaron con base en el número de registros obtenidos de cada categoría entre el número de registros obtenidos durante los tres años. Los individuos se clasificaron en dos categorías de edad en base a su tamaño y color del pelaje: a diferencia de los adultos, los juveniles son de menor tamaño, su

coloración es menos oscura y cuando son muy jóvenes presentan pintas blancas en la coloración. Las fotografías de individuos cuyo sexo no pudo ser identificado se excluyeron del análisis de proporción de sexos.

Los datos fueron analizados y comparados a diferente escala espacial (aguadas y microrregiones) y entre los diferentes años (secas de 2008, 2009 y 2010). Para evaluar la diferencia de abundancias entre microrregiones y aguadas se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis (Sokal y Rohlf 1981). La relación entre las variables de caracterización de las aguadas y la abundancia de registros fotográficos de tapires se analizó con el programa estadístico JMP\_SAS 7.0.1 por medio de un análisis múltiple de componentes principales. Se elaboraron modelos generales de pasos adelante (MGs Stepwise Forward) y modelos lineales generalizados (GLM) para probar la relación entre las abundancias de registros fotográficos con las características de las aguadas y sus variables ambientales. Todas las pruebas se consideraron significativas con un valor de  $P \leq 0.05$ .

## **Resultados.**

*Presencia y abundancia.* En el total de los tres años se registró la presencia del tapir en 14 de las 15 aguadas y la abundancia total obtenida fue de 37.57 registros/1000 trampas-noche. En el 2008 se registró la presencia de tapir en 11 aguadas, en el 2009 en ocho aguadas y en el 2010 únicamente en siete. La microrregión sur (MS) fue en la que hubo mayor abundancia de registros fotográficos en comparación con las otras microrregiones, aunque la aguada con mayor ARF fue “Bonfil” quien pertenece a la microrregión centro. Sin embargo, durante los periodos del 2009 y 2010 la microrregión centro (MC) fue la de mayores registros. De igual forma la aguada con mayor ARF varió en cada año, durante el periodo 2008 fue la aguada “Totonaca” (de MS), en 2009 fue la aguada “Águila”, y en 2010 fue “Bonfil” (ambas de MC; Cuadro 1).

Al comparar la abundancia de anual (2008, 2009 y 2010) entre las microrregiones no hubo variación significativa entre las abundancias de registros fotográficos obtenidas durante los tres años y en la comparación por año, únicamente se encontraron diferencias en el año 2008 donde la abundancia de registros fotográficos de la MS fue mayor ( $H_2= 13.03$ ;  $P= < 0.05$ ). Al comparar las microrregiones a lo largo de los tres años, la MN fue la única en la que no se registraron diferencias entre la ARF del año 2008, 2009 y 2010 ( $H_2= 1.20$ ;  $P= 0.57$ ), en las otras microrregiones si hubo cambios significativos ( $H_2= 4.9$ ;  $P= 0.05$  para MC y  $H_2= 7.3$ ;  $< 0.05$  en MS). La ARF obtenida durante los tres años entre todas las aguadas fue significativamente diferente y “Bonfil” fue la aguada con mayor ARF ( $H_{14}= 32.9$ ;  $P< 0.05$ ). En el año 2008 y 2010 se encontraron diferencias entre las ARF de las aguadas ( $H_{14}= 22.33$ ;  $14$ ;  $P< 0.05$  y  $H_{14}= 37.5$ ;  $P< 0.05$ , respectivamente) pero no las hubo durante 2009. A nivel de aguada, “Bonfil” y “Totonaca” fueron las únicas en las que se encontraron diferencias significativas entre las ARF obtenidas entre los tres años ( $H_2= 7.60$ ;  $P< 0.05$  y  $H_2= 5.8$ ;  $P< 0.05$  respectivamente; Cuadro 1, Fig. 2).

*Caracterización de hábitat en las aguadas.* En promedio las aguadas de la MS fueron de mayor superficie y profundidad (7.5 ha, 1.3 m), seguido de la MC (5.1 ha, 1 m) y la MN (2.8 ha, 0.7 m). Durante todo el muestreo la MS fue la que presentó mayor disponibilidad de agua y la MN presentó menor disponibilidad, en base al porcentaje de de agua acumulada, la superficie y la profundidad de sus aguadas. Sin embargo, el PAD varió en cada periodo: el promedio combinado de las tres microrregiones durante el 2008 se mantuvo entre (50-75 %) pero durante 2009 y 2010 se mantuvo entre 25 y 50%. Durante los tres años las aguadas de “Bonfil” (MC), “Chilar” y “Uxul” (MS) fueron las únicas que se mantuvieron a más del 75% de su PAD, mientras que las otras aguadas mostraron fuertes variaciones anuales.

La densidad de frutos (DF) mostró diferencias marginales entre microrregiones durante los seis meses de muestreo del periodo 2010 ( $H_2= 5.16$ ;  $P= 0.05$ ) y también las hubo

al analizar solamente los datos de la temporada seca, donde la MC tuvo mayor DF que las otras dos microrregiones ( $H_2= 10.06$ ;  $P< 0.05$ ). Entre aguadas se encontró variación significativa en la DF durante 2010, donde alrededor de la aguada “Uxul” se encontraron los mayores valores en total ( $H_{14}= 48.23$ ;  $P< 0.05$ ), pero durante la temporada seca, la aguada “Bonfil” registró la mayor DF ( $H_{14} = 44$ ;  $P< 0.05$ ). En el porcentaje de cobertura herbácea (PCH) también se encontraron diferencias significativas entre microrregiones y entre aguadas. Durante todo el muestreo, el PCH fue mayor en la MS ( $H_2= 6.62$ ;  $P< 0.05$ ) y la aguada con mayor PCH fue “Chilar” ( $H_{14}= 57.3$ ;  $P< 0.05$ ). En las aguadas de la MS el porcentaje de cobertura vegetal (PCV) de selva baja caducifolia (SBC), selva mediana perennifolia (SMP), selva alta (SA) y pastizal (P) fue mayor en comparación con el de las otras microrregiones.

Las variables que explicaron en mayor medida la abundancia de tapir en la región de Calakmul fueron el mayor porcentaje de cobertura de acahual arbóreo y selva alta. Las variables de porcentaje de sitios sin cobertura aparente, de cobertura herbácea y selva baja caducifolia mostraron una relación negativa con la ARF (Cuadro 2). El porcentaje de agua almacenada en las aguadas parece tener un efecto en las abundancias, ya que se observó que la mayor ARF se registró en las aguadas con mayor PAD. Del total de RF obtenidos, el 67.7% ( $n=88$ ) se presentó en aguadas con un porcentaje de agua acumulada mayor de 50% y únicamente 13% ( $n=17$ ) se lograron en aguadas con porcentaje de agua acumulada menor al 20%, indicando así que la distribución del tapir (basada solamente en registros de presencia/ausencia) está ligada a la presencia de agua en las aguadas. Las variaciones en la precipitación pluvial registrada influyeron al número de RF y de aguadas en las que éstos fueron tomados, ya que a menor precipitación fue menor el número de aguadas en las que se registró la presencia de tapir y mayor la abundancia de RF registrada en ellas.

*Patrón de actividad y estructura poblacional.* Durante la noche (1800-0559 h) se obtuvo el mayor número de RF 86.9% ( $n=113$ ) y únicamente el 13.1% ( $n=17$ ) durante el día

(0600–1759 h; Fig. 3). La proporción de edades de los 130 registros de tapir obtenidos entre el 2008-2010 fue de 90% (n= 117) adultos y 10% (n=13) juveniles. En cuanto al sexo fue mayor el porcentaje de machos (36.2%) que de hembras (30%) y (33.8%) de los registros correspondió a individuos cuyo sexo no pudo ser identificado. La proporción de sexos observada fue de 1.2 machos: 1 hembra.

### **Discusión.**

Factores del hábitat como la disponibilidad de agua y alimento son determinantes 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). La distribución y abundancia de tapir varió con respecto al tiempo y espacio dependiendo de las condiciones del hábitat, principalmente de la presencia de agua en los sitios de estudio. Tanto los factores ambientales como la densidad de frutos, el porcentaje de cobertura herbácea y la disponibilidad de agua tuvieron variaciones espacio-temporales, siendo la microrregión sur en la que se registró mayor abundancia de registros fotográficos, mayor disponibilidad de frutos y de agua. Si bien, en el modelo lineal generalizado la principal variable explicativa de la mayor abundancia de registros fotográficos de tapir fue la dominancia de acahual maduro, selva alta y selva baja, fue mayor el número de registros fotográficos en los cuerpos de agua que se mantuvieron llenos por más tiempo y con mayor DF a sus alrededores. Cabe señalar que la aguada “Bonfil” presenta el mayor porcentaje de cobertura de acahual y durante el año 2010 fue donde se obtuvo el mayor número de registros fotográficos.

En ocho de las aguadas no se tuvieron registros fotográficos de tapir durante el año 2010. Sin embargo, si se registraron huellas en los trayectos asociados a dichas aguadas. Además, en dos de las aguadas hubo registro de extracción constante de agua (Calakmul y Uxul), la apertura de un camino (Uxul), aclareo y desmonte de la vegetación al interior y los alrededores de la aguada (Calakmul). En la misma región de Calakmul, Martínez-Kú et

al. (2008) reportaron que en sitios sin aguadas cercanas encontraron mayor densidad de huellas de tapir durante la temporada de lluvias en comparación a la de secas. En un estudio con otro ungulado de Calakmul, el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*), Reyna-Hurtado et al. (2009) reportaron que el patrón de movimiento estuvo determinado más por la disponibilidad de agua que por la de alimento. Durante la estación de sequía los grupos de pecaríes concentran sus actividades alrededor de los cuerpos de agua perennes, haciendo mayor uso de la selva mediana perennifolia en la cual obtienen el mayor porcentaje de los frutos que consumen (Reyna-Hurtado et al. 2009). Para Centro y Sudamérica se ha reportado que los tapires (*T. bairdii* y *T. terrestris*) reducen sus rangos de acción durante la estación de seca, manteniéndose cercanos a fuentes de agua (Foerster y Vaughan, 2002; Noss et al., 2003; Trolle et al., 2008). Sin embargo, Foerster y Vaughan (2002) mencionan que la disponibilidad de alimento como frutos y follaje de vegetación secundaria son los factores que determinan las variaciones en el uso de hábitat por el tapir. Estudios en África del Sur indican que la presencia de cuerpos de agua estacionales reduce el periodo en el que la fauna se mantiene cerca de cuerpos de agua perennes (Smith, 1996).

El patrón de actividad registrado para el tapir en este estudio (86.9%) de frecuencia de registros nocturnos, fue similar a lo reportado para Costa Rica (Foerster y Vaughan, 2002; González-Maya et al., 2009), donde el 80.4% de la actividad del tapir se presenta durante la noche. Algunos autores coinciden en que la presión de cacería influye en que el tapir tenga mayor actividad durante la noche (Eisenberg, 1989; Naranjo y Bodmer, 2002). Sin embargo, en la RBC y Corcovado no existe presión de caza y aun así se encontró que el tapir presenta hábitos principalmente nocturnos, por lo cual puede ser útil para evitar el estrés hídrico que pudiera generarse por mantenerse activo en los horarios de mayor temperatura (Foerster y Vaughan, 2002).

La estructura de edades observada durante este estudio es muy parecida a la reportada



para Corcovado, Costa Rica en donde la proporción de adultos fue de (88.5%) y entre juveniles y crías (11.5%; Naranjo, 1995b). El único dato reportado sobre la estructura de edades del tapir en México, indica que en la Selva Lacandona (SL) los adultos representaron el (78.9%) y entre juveniles y crías el (21.1%; Naranjo y Bodmer, 2002). De acuerdo a la historia de vida de los tapires, los cuales son especies de estrategia reproductiva K, es de esperarse que la estructura de edades esté dominada por individuos adultos. Las especies con estrategia reproductiva tipo K se caracterizan por ser longevas, de gran tamaño, dedican mucho tiempo el cuidado parental y su tasa de mortalidad y natalidad son bajas (Southwood et. al., 1974).

La proporción de sexos es parecida a la reportada por Foerster (2002) en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica (PNC), que es de 1.4 machos (58%) por cada hembra (42%); otro estudio en el PNC menciona una proporción de 1.2 hembras (50%) por cada macho (48%; Naranjo, 1995a). Naranjo y Bodmer (2002) reportaron que la proporción de sexos de tapir para la SL fue de 1.3 hembras (57.1%) por cada macho (42.9%). Es probable que se haya subestimado el número de hembras en este estudio, debido a que no se pudo identificar el sexo del (33.8%) de los tapires fotografiados y es más fácil identificar a los machos que las hembras. De los registros obtenidos únicamente se logró la identificación de 13 individuos distintos (seis hembras, cinco machos y dos juveniles). Sin embargo, por el diseño del muestreo aplicado, y la ausencia de marcas permanentes en la mayoría de los tapires fotografiados, no fue posible estimar la densidad de tapires en el área estudiada.

La importancia de las aguadas es fundamental para los tapires de la región de Calakmul. Sin embargo, el valor relativo de cada aguada para los tapires no es constante, ya que dicho valor depende de la disponibilidad de agua presente y además su uso es estacional. Por lo tanto, aunque en algunas aguadas no se registró mucha actividad, es probable que en algún momento a través de ciclos multianuales sean de vital importancia para la población de

tapires y otras especies. Un ejemplo de ello es la aguada “Bonfil”, en la cual no se registró la presencia de tapir durante el año 2008 y durante el 2009 únicamente se obtuvieron 3 RF. No obstante, en el año 2010 fue la única aguada que se mantuvo llena durante la temporada seca entre las microrregiones norte y centro. Al parecer en ella se agregaron los tapires que habitan en esa microrregión. Cabe la posibilidad de que exista una combinación multifactorial (i.e., distribución espacio-temporal, precipitación anual, calidad del agua, y presencia de actividad humana, entre otros factores) que estén determinando la presencia de tapires cerca de las aguadas en el área de estudio.

Este estudio demostró que la distribución, número, temporalidad y dinámica de las aguadas son factores del hábitat determinantes en la distribución, abundancia y patrones de movimiento del tapir en Calakmul. Son además elementos indispensables en el paisaje al conservar la única agua disponible para el tapir y otras especies de fauna silvestre. La disminución de las aguadas o la extensión de los lapsos sin agua probablemente alterarían los patrones de movimiento de la especie, lo cual tendría efectos a escala poblacional. Mantener en buen estado las aguadas de la región de Calakmul debe ser una prioridad de conservación para la biodiversidad en región.

### **Agradecimientos.**

A la dirección y personal del Área Natural Protegida Reserva de la Biosfera Calakmul por facilitarnos el acceso al área y brindarnos gran parte del apoyo para realizar el presente estudio; a Pronatura Península de Yucatán A.C. por su apoyo logístico durante el proceso de campo y los datos de los años 2008 y 2009, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca para estudios de maestría proporcionada al primer autor SPC (No. 287670). Y a todas las personas que me orientaron y apoyaron Luis Sosa, Miguel Álvaro, Miguel Ocaña, Florentino Pérez, Ernesto Gutiérrez, Antonio Té, Epifanio, Saúl Amador, José L. Rangel-Salazar, Sophie Calmé y Halia Zúñiga.

## Literatura citada

- Altrichter, M., E. Carrillo, J. Saenz y T. K. Fuller. 2001. White-lipped peccary (*Tayassu pecari*, Artiodactyla: Tayassuidae) diet and fruit availability in a Costa Rican rain forest. *Revista de Biología Tropical* 49:1183-1192
- Arthur, S. M., B. F. Manly, L. L. McDonald y G. W. Garner. 1996. Assessing habitat selection when availability changes. *Ecology* 77:215-227.
- Bodmer, R. 1991. Strategies of seed dispersal and seed predation in Amazonian ungulates. *Biotropica* 23:255-261.
- Caughley G, A. Sinclair. 1994. Wildlife ecology and management. University of Blackwell Science, Cambridge. USA. 333 p.
- Eisenberg, J. F. 1989. Mammals of the Neotropics. Vol. 1, The Northern neotropics. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA. 658 p.
- Foerster, C. R. y C. Vaughan. 2002. Home range, habitat use, and activity of Baird's tapir in Costa Rica. *Biotropica* 34: 423-437.
- Foerster, C. R. 2002. Baird's Tapir Project, Corcovado National Park, Costa Rica. *Tapir Conservation* 11:11-13.
- Fragoso, J. M. 1997. Tapir-generated seed-shadows: scale-dependent patchiness in the Amazonian rain forest. *Journal of Ecology*. 85:519-529.
- García-Gil G. 2000. Vegetación y uso del suelo de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche. Escala 1:50 000. Extraído del proyecto J118 Uso actual del suelo y estado de conservación de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).
- García-Gil, G. 2003. Colonización humana reciente y formación del paisaje agrario en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 129

p.

- González-Maya, J., J. Schipper y K. Rojas-Jiménez. 2009. Elevational distribution and abundance of baird's tapir (*Tapirus bairdii*) in different protection areas in Talamanca region of Costa Rica. Tapir Conservation, Newsletter of the IUCN/SSC Tapir Specialist Group 18:29-35.
- Guerra, M. 2001. Cacería de subsistencia en dos localidades de la selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 84 p.
- Gysel, L. G. y L. J. Lyon 1987. Análisis y evaluación del hábitat. Pp. 321-344. En R. Rodríguez-Tarrés (Ed.). Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. Primera edición. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA. 703 p.
- IUCN 2010. IUCN Red list of threatened species. Version 2010.4. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)
- Janzen, D. H. 1982. Seeds in tapir dung in Santa Rosa National Park, Costa Rica. *Brenesia* 19/20: 129-135.
- Lira, I., E. J. Naranjo y M. Reyes-Chargoy. 2005. Ampliación del área de distribución de *Tapirus bairdii*, Gill 1865 (Perissodactyla: Tapiridae) en Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 21:107-110.
- MacKenzie, D. I., J. D. Nichols, G. B. Lachman, S. Droege, J. A. Royle y C. A. Langtimm. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83:2248–2255.
- Mandujano, S. y S. Gallina. 1995. Disponibilidad de agua para el venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio de México. *Vida Silvestre Neotropical*. 4:107-118.
- March, I. 1994. Situación actual del tapir en México. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Serie Monográfica no. 1. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 37 p.

- March, I. y E. J. Naranjo. 2005. Tapir (*Tapirus bairdii*). En Los mamíferos silvestres de México, G. Ceballos y G. Oliva (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México, D. F. p. 496-497
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2000. La vegetación de Calakmul: descripción, composición y distribución. Boletín de la Sociedad Botánica de México. *No impreso*.
- Martínez-Kú, D. H., G. Escalona-Segura y A. Vargas-Contreras. 2008. Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. Pp. 449-468, *En Avances en el Estudio de los Mamíferos de México II*, C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds). Publicaciones Especiales, Vol. II Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., CIBNOR, ECOSUR, IPN, UAEM, UAM, UNICACH, Universidad Veracruzana. 691 p.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot y R. W. Mannan. 2006. Wildlife-habitat relationships concepts and applications. Tercera edición. Island Press. Washington, USA. 435 p.
- Naranjo, E. J. 1995a. Hábitos de alimentación del tapir (*Tapirus bairdii*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical* 4:32-37.
- Naranjo, E. J. 1995b. Abundancia y uso de hábitat del Tapir (*Tapirus bairdii*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical* 4:20-31.
- Naranjo, E. J. y R. E. Bodmer. 2002. Population ecology and conservation of baird's tapir (*Tapirus bairdii*) in the Lacandon Forest, Mexico. *Tapir Specialist Group* 11:25-33
- Naranjo, E. J. 2009. Ecology and conservation of baird's tapir in Mexico. *Tropical Conservation Science* 2:140-158.
- Newton, I. 1998. Population limitation in birds. Academic Press, London. 597 p.
- Noss, A. J., R. L. Cúellar, J. Barrientos, L. Maffei, E. Cuellar, R. Arispe, D. Rúmiz y K. Rivero. 2003. A camera trapping and radio telemetry study of lowland tapir (*Tapirus terrestris*) in bolivian dry forests. *Tapir Conservation, Newsletter of the UICN/SSC*

- Tapir Specialist Group 12:24-32.
- Pianka, E. R. 1983. Evolutionary ecology. 3 Ed. New York: Harper and Row Publishers. New York, USA.
- Rautenstrauch, K. R. y P. R. Krausmann. 1989. Influence of water availability on rainfall and movements of desert mule deer. *Journal of Mammalogy* 70:197-201.
- Redfern, J. V., R. Grant, H. Biggs y W. M. Getz. 2003. Surface-water constraints on herbivore foraging in the Kruger National Park, South Africa. *Ecology* 84: 2092-2107.
- Reyna-Hurtado, R., E. Rojas-Flores y G. W. Tanner. 2009. Home range and habitat preferences of white-lipped peccary groups (*Tayassu pecari*) in a seasonal tropical forest of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Mammalogy* 90:1199-1209.
- Robinson, J. y K. Redford. 1994. Measuring the sustainability of hunting in tropical forests. *Oryx* 28:249-256.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010: 1-56.
- Smith, N. O. 1996. Ecological guidelines for waterpoints in extensive protected areas. *South African Journal of Wildlife Research* 26:107-112.
- Sokal, R. R. y J. F. Rohlf. 1981. *Statistical tables*. W. H. Freeman y Co. New York, USA. 859 p.
- Southwood, T. R., R. M. May, M. P. Hashell y G. R. Conway. 1974. Ecological strategies and population parameters. *The American Naturalist* 108:791-804.
- Trolle, M., A. J. Noss, J. L. Passos-Cordeiro y L. F. Oliveira. 2008. Brazil tapir density in the pantanal: a comparison of a systematic camera-trapping and line transect surveys.

Biotropica 40:211-217.

**Cuadro 1.** Abundancia del tapir (registros por día-trampa) por microrregiones y aguadas de 2008 a 2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México.

Microrregión	Aguada	Año												Total	
		2008				2009				2010					
		RF	AR	ES	X	RF	AR	ES	X	RF	AR	ES	X		
Norte	Km 20 Dos	2	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0	0	2	0.02	0.01	
	Carmelos	2	0.03	0.01	2	0.04	0.02	4	0.05	0.04	8	0.04	0.01		
	Oxp1	3	0.04	0.04	1	0.01	0.01	0	0	0	4	0.02	0.01		
	Oxp2	1	0.01	0.01	0	0	0	1	0.01	0.01	2	0.01	0.01		
		8	0.02	0.01	3	0.01	0.01	5	0.02	0.01	16	0.02	0.01		
	46/2	0	0	0	7	0.13	0.07	0	0	0	7	0.04	0.03		
	Bonfil	0	0	0	3	0.04	0.04	29	0.54	0.2	32	0.19	0.1		
	Águila	2	0.03	0.01	9	0.13	0.07	0	0	0	11	0.05	0.03		
	Changuis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Calakmul	0	0	0	2	0.02	0.02	0	0	0	2	0.01	0.01		
Centro		2	0.01	0	21	0.06	0.02	29	0.11	0.07	52	0.06	0.02		
	Chilar	2	0.03	0.01	0	0	0	0	0	2	0.01	0.01			
	Galleta	3	0.04	0.02	0	0	0	0	0	3	0.01	0.01			
	Totonaca Zapote bobo	17	0.26	0.08	7	0.1	0.05	4	0.08	0.04	28	0.15	0.04		
		4	0.14	0.1	0	0	0	12	0.21	0.07	16	0.12	0.05		
	Burgués	2	0.03	0.03	0	0	0	1	0.01	0.01	3	0.01	0.01		
Sur	Uxul	7	0.14	0.06	2	0.06	0.06	1	0.01	0.01	10	0.08	0.03		
		35	0.11	0.03	9	0.02	0.01	18	0.05	0.02	62	0.06	0.01		
	<b>Total</b>	45	0.05	0.01	33	0.03	0.01	52	0.06	0.03	130	0.05	0.01		

Registros fotográficos (RF), media de la abundancia de captura expresada en número de

registros por día-trampa (X), error estándar de la media (ES).

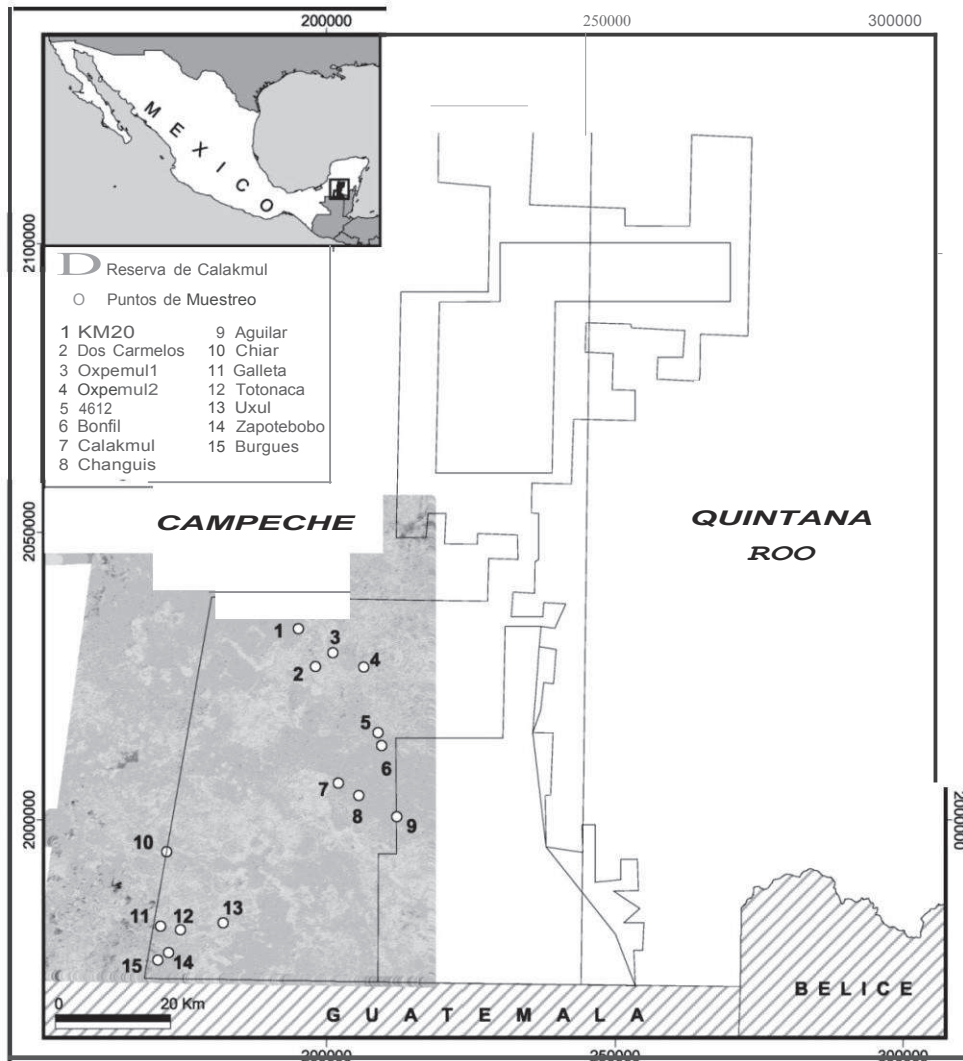


**Cuadro 2.** Variables determinantes de la abundancia del tapir por medio de registros fotográficos, en las aguadas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul Campeche.

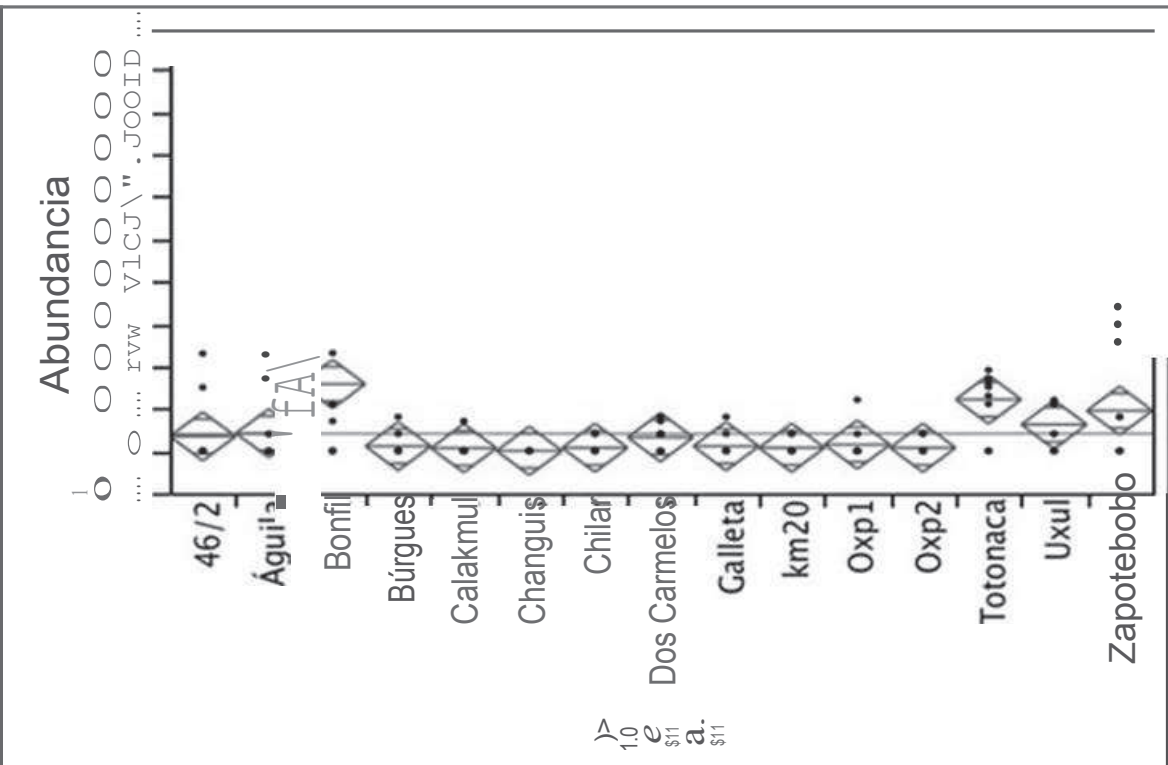
<b>Variable</b>	<b>Periodo de</b>				
	<b>muestreo</b>	<b>Estimador</b>	<b>ES</b>	<b>L-RX<sup>2</sup></b>	<b>P</b>
Achual arbóreo	2008-2010	0.04	0.01	23.98	<0.0001
Selva alta	2008-2010	0.03	0.01	11.55	0.00
Porcentaje de agua	2008-2010	0.01	0.00	3.48	0.06
PCH	2010	-0.19	0.10	4.15	0.04
SBC	2010	-0.13	0.08	4.36	0.04
Selva alta	2010	0.07	0.02	25.53	<0.0001
Achual arbóreo	2010	0.09	0.02	47.77	<0.0001
SVA	2010	-0.24	0.08	13.09	0.00

**ES** error estándar, **PCH** porcentaje de cobertura herbácea, **SBC** selva baja caducifolia, **SVA** sin vegetación aparente.

**Figura 1.** Aguadas monitoreadas de 2008-2010 en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche; y las microrregiones en las que fueron agrupadas: norte (1-4), centro (5-9) y sur (10-15).



**Figura 2.** Comparación entre la media de la abundancia relativa de registros fotográficos (registros fotográficos/días-trampa) de tapir de 2008-2010 en 15 aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.



**Figura 3.** Porcentaje de registros fotográficos de tapir en relación al horario, en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche.

