



## Influencia de la disponibilidad de agua en la presencia y abundancia de *Tapirus bairdii* en la selva de Calakmul, Campeche, México

### Influence of water availability in the presence 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-Panti<sup>2</sup>, Rafael Reyna-Hurtado<sup>3</sup> y Eduardo J. Naranjo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>El Colegio de La Frontera Sur. Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, 29290 San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

<sup>2</sup>Pronatura Península de Yucatán A.C. Av. Francisco I. Madero × 16, Centro Comercial Villa del Río, local 13, 24020 Campeche, Campeche, México.

<sup>3</sup>El Colegio de La Frontera Sur. Av. Rancho Polígono 2A, Parque Industrial, Lerma, 24500 Campeche, Campeche, México.

✉ [sadaperez@hotmail.com](mailto:sadaperez@hotmail.com)

**Resumen.** En 15 aguadas agrupadas en 3 microrregiones (norte, centro y sur) y sus alrededores se evaluaron las características ambientales que podrían determinar la presencia y abundancia del tapir (*Tapirus bairdii*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC), Campeche. Entre los años 2008-2010, se registró la presencia del tapir en 14 aguadas con un esfuerzo de muestreo de 3 470 días-trampa, la abundancia fue de 37.57 individuos /1 000 trampas-noche. Los tapires mostraron un patrón de actividad nocturno, la estructura de edad fue dominada por adultos y la proporción de sexos de los individuos fotografiados fue de 1 a 1. La microrregión sur y la aguada 6 (de la microrregión centro) tuvieron mayor abundancia. La abundancia, disponibilidad de alimento y agua presentaron variaciones a escala espacial y temporal. La presencia del agua en las aguadas fue determinante para la presencia de tapir, pero 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. En la región de Calakmul, las aguadas deben ser una de las prioridades en su conservación.

Palabras clave: tapir, distribución, hábitat, agua, alimento, cobertura vegetal, disponibilidad.

**Abstract.** In 15 waterholes (aguadas) grouped in 3 micro-regions (North, Central and South) and surrounding areas, we evaluated the environmental characteristics that could determine presence and abundance of the tapir (*Tapirus bairdii*) in Calakmul Biosphere Reserve (CBR), Campeche. Tapirs presence were recorded in 14 watering holes between 2008 and 2010, with a sample effort of 3 470 days/camera-trap. The abundance was of 37.57-individuals/1 000 nights traps. Tapirs showed a nocturnal activity pattern and the age structure was dominated by adults with a sex ratio of 1:1. The southern micro-region and the waterhole 6 (central micro-region) had highest abundance. Abundance, food and water availability showed spatial and temporal variations. Water presence in waterholes was crucial to the presence of tapirs; the environmental variables more related to tapir's abundance were water percentage in waterholes and vegetation dominance such as secondary forest and rain forest. Waterholes must be part of conservation priorities in Calakmul region.

Key words: tapir, distribution, habitat, water, food, vegetation cover, availability.

## Introducción

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 región de Calakmul (RC) aún se desconocen muchos de esos aspectos de la fauna silvestre y sobre todo de los mamíferos mayores, como el tapir. En la mayoría de las especies, la disponibilidad de alimento y agua puede determinar su presencia, movimientos y tamaño de sus

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). 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 mayor mamífero terrestre de Mesoamérica, es un importante dispersor de semillas (Janzen, 1982; Bodmer, 1991; Naranjo, 1995a) y forma parte de la dieta del jaguar (*Panthera onca*), del puma (*Puma concolor*) y de cocodrilos (*Crocodylus* spp.) (March y Naranjo, 2005). El tapir es

también una fuente importante de proteína animal para los pobladores de algunas comunidades rurales de México y Centroamérica (March, 1994; Robinson y Redford, 1994). La distribución del tapir en México se ha reducido notablemente; en la actualidad 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 y al sur de Veracruz (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 México la mayor población de tapires existe en la RC (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 (García-Gil, 2003), es muy probable que la abundancia del tapir en la RC esté determinada por la ubicación de los únicos cuerpos de agua, conocidos como "aguadas", que se forman en la época de lluvias.

Para modelar y proyectar las posibles variaciones del hábitat del tapir que puedan tener un efecto sobre la persistencia de su población a largo plazo, así como para enfocar los esfuerzos de conservación y manejo de la especie en las áreas de mayor importancia ecológica, es necesario conocer las variaciones espacio-temporales de su distribución y abundancia y las características del hábitat que las determinan. Por tanto, los objetivos de este estudio fueron: 1) determinar la distribución con base en la presencia/ausencia de tapir en 15 aguadas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC); 2) identificar el uso de las aguadas y patrón de actividad del tapir en ellas; 3) estimar su abundancia relativa con base en registros fotográficos; 4) conocer las variaciones espacio-temporales de la abundancia y variables del hábitat y 5) identificar las variables que se relacionen con la presencia y mayor abundancia del tapir en aguadas de la RBC.

## Materiales y métodos

*Área de estudio.* Dentro de la RC se encuentra el área de conservación de bosque tropical más grande del país. La RC tiene una extensión de 7 231.85 km<sup>2</sup> y está ubicada al sureste del estado de Campeche, México, entre los 19°15'17" N, 90°10'89" O (Gracia Gil y Pat, 2001; Fig. 1). Predomina el clima cálido subhúmedo, con llu-

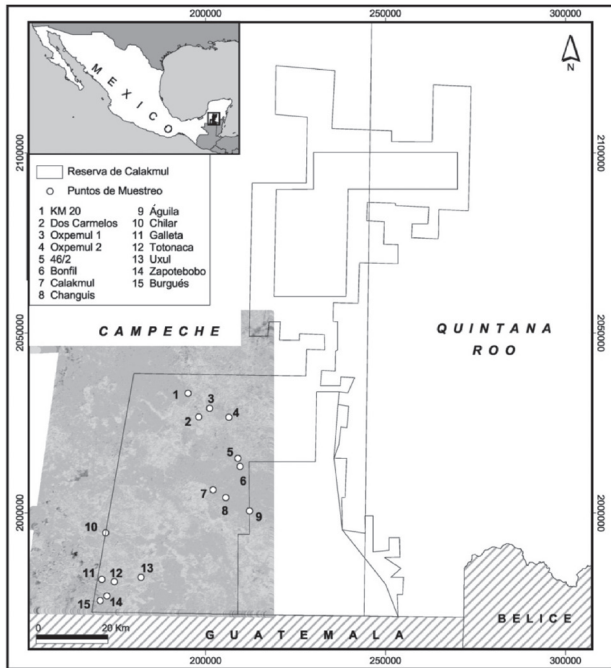
vias en verano y menos de 60 mm de precipitación en el mes más seco ( $Aw_1$ ). La temperatura media anual es de 24.6° C y la precipitación anual varía de 500 a 2 500 mm, con un gradiente de humedad que se incrementa de norte a sur (García-Gil, 2003). Los tipos vegetación predominantes son selva mediana subperennifolia, selva mediana caducifolia y selva baja subperennifolia (Martínez y Galindo-Leal, 2002).

Debido a que en la RC las aguadas son componentes estratégicos del paisaje para la fauna silvestre, durante parte de la estación seca (abril-junio) de 2008, 2009 y 2010 se colocaron 45 estaciones simples de foto-trampeo en 15 aguadas agrupadas en 3 microrregiones: norte (MN), centro (MC) y sur (MS); Fig. 1. Para la selección de las aguadas se consideró que se ubicaran a menos de un kilómetro de distancia de un camino de acceso; que la distancia a otra aguada fuera mayor a 5 km (para disminuir la probabilidad de registrar a los mismos individuos) y que su diámetro fuera mayor de 30 y menor de 60 m, para facilitar el monitoreo y caracterización del hábitat en sus alrededores.

Se utilizaron 3 modelos diferentes de cámaras (17 Deer Cam, 19 Wild View, 7 Stealth Cam y 2 Cam Trakker), colocadas a una altura promedio de 30 cm; se instalaron en sitios asociados a rastros, tratando de cubrir 3 lados de cada aguada y se programaron para permanecer las 24 horas, con 30 segundos entre cada disparo. Las cámaras se revisaron cada 14 días para verificar su funcionamiento; el criterio de registro fotográfico (RF) fue de 1 registro por individuo fotografiado por aguada, cada 24 horas. Sin embargo, cuando en la misma aguada se fotografiaron individuos claramente diferentes en el mismo día, cada individuo identificado se consideró como un registro, por separado.

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 diurnos (0600-1 759 h) y nocturnos (1 800-0559 h). La proporción de edad y de sexo se estimó con base en el número de registros obtenidos de cada categoría entre el número de registros obtenidos durante los tres 3 años. La edad se estimó por el tamaño y coloración, el sexo se determinó cuando fue posible observar los órganos reproductores y la identificación de cada individuo se basó en la presencia de marcas corporales permanentes (Trolle et al., 2008; Noss et al., 2003). El índice de abundancia de registros fotográficos (abundancia) se calculó como el número de registros fotográficos (RF) por 1 000 trampas/noche (Trolle et al., 2008).

La disponibilidad de agua se estimó mediante su área del espejo en las aguadas, la cual se calculó recorriendo el borde del agua con un GPS, cada aguada fue caracterizada de acuerdo con su superficie, profundidad, porcentaje de



**Figura 1.** Ubicación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche. Microrregiones en las que se agruparon las aguadas para el estudio del tapir (*Tapirus bairdii*): norte (1-4), centro (5-9) y sur (10-15). Años 2008-2010.

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); en el supuesto de que a mayor precipitación mayor la disponibilidad de agua en el paisaje, se obtuvieron datos de precipitación mensual de los informes de la estación meteorológica automática de la Comisión Nacional del Agua (CNA), ubicada en la RBC. Para estimar el PCV, 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 se calculó la cobertura de cada tipo de vegetación en los alrededores de cada una utilizando el programa ArcGIS.

Entre marzo y agosto de 2010 se recorrieron mensualmente 3 transectos lineales de 0.5 km asociados a cada una de las aguadas, en ellos se estimó el PCH y la DF. El PCH se midió en 3 puntos por transecto (a los 100 m, 250 m y 400 m), utilizando para ello una pantalla cuadrículada de 1×1m (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 DF se estimó registrando todos los frutos encontrados sobre el transecto; posteriormente, se ubicó 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).

Con el fin de evaluar la existencia de diferencias espacio temporales, los datos fueron analizados y comparados a diferente escala espacial (aguadas y microrregiones) y entre los diferentes años (época seca 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 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 la abundancia 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.** Se registró el tapir en 14 de las 15 aguadas. Sin embargo, su presencia en las aguadas varió cada año; durante 2008 se registró en 11 aguadas, en 7 durante 2009 y en 6 durante 2010. En total se obtuvieron 130 RF; la MS fue la que tuvo más ( $n=62$ ), pero la aguada con más RF fue la 6 (de la MC,  $n=32$ ; Cuadro 1). Durante la noche (1 800-0559 h) se obtuvo el mayor número de RF 86.9% ( $n=113$ ) y únicamente el 13.1% ( $n=17$ ) durante el día (0600-1 759 h; Fig. 2). La proporción de edades de los 130 RF 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 identificarse. La proporción de sexos observada fue de 1.2 machos: 1 hembra.

El índice de abundancia total fue de 37.57 registros/1 000 trampas-noche. Al comparar la abundancia total entre las microrregiones no hubo variación significativa y en la comparación por año, únicamente se encontraron diferencias en el año 2008, donde la abundancia de la MS fue mayor ( $H_2=13.03$ ;  $p<0.05$ ). Al comparar las microrregiones a lo largo de los 3 años, la MN fue la única en la que no se registraron diferencias entre la abundancia del año 2008, 2009 y 2010 ( $H_2=1.20$ ;  $p=0.57$ ), en las otras microrregiones sí hubo cambios significativos ( $H_2=4.9$ ;  $p=0.05$  para MC y  $H_2=7.3$ ;  $p<0.05$  en MS). La abundancia obtenida durante los 3 años entre todas las aguadas fue significativamente diferente y la aguada 6 fue la de mayor abundancia ( $H_{14}=32.9$ ;  $p<0.05$ ). En el año 2008 y 2010 se encontraron diferencias entre la abundancia de las aguadas ( $H_{14}=2.33$ ; 14;  $p<0.05$  y  $H_{14}=37.5$ ;  $p<0.05$ , respectiva-

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

Microrregión	Aguada	2008			Año 2009			2010			Total		
		RF	X	(ES)	RF	X	(ES)	RF	X	(ES)	RF	X	(ES)
		<b>8</b>	<b>0.02</b>	<b>(01)</b>	<b>3</b>	<b>0.01</b>	<b>(03)</b>	<b>5</b>	<b>0.01</b>	<b>(01)</b>	<b>16</b>	<b>0.02</b>	<b>(0)</b>
Norte	1	2	0.02	(01)	0	0	(0)	0	0	(0)	2	0.01	(01)
	2	2	0.02	(01)	2	0.04	(02)	4	0.04	(01)	8	0.03	(01)
	3	3	0.03	(03)	1	0.01	(01)	0	0	(0)	4	0.01	(01)
	4	1	0.01	(01)	0	0	(0)	1	0.01	(01)	2	0.01	(01)
		<b>2</b>	<b>0</b>	<b>(0)</b>	<b>21</b>	<b>0.06</b>	<b>(02)</b>	<b>29</b>	<b>0.08</b>	<b>(05)</b>	<b>52</b>	<b>0.05</b>	<b>(02)</b>
Centro	5	0	0	(0)	7	0.13	(07)	0	0	(0)	7	0.03	(02)
	6	0	0	(0)	3	0.04	(04)	29	0.4	(02)	32	0.16	(09)
	7	2	0.02	(01)	9	0.13	(07)	0	0	(0)	11	0.04	(02)
	8	0	0	(0)	0	0	(0)	0	0	(0)	0	0	(0)
	9	0	0	(0)	2	0.03	(03)	0	0	(0)	2	0.01	(01)
		<b>35</b>	<b>0.08</b>	<b>(03)</b>	<b>9</b>	<b>0.02</b>	<b>(01)</b>	<b>18</b>	<b>0.04</b>	<b>(02)</b>	<b>62</b>	<b>0.05</b>	<b>(01)</b>
Sur	10	2	0.02	(01)	0	0	(0)	0	0	(0)	2	0.01	(01)
	11	3	0.03	(02)	0	0	(0)	0	0	(0)	3	0.01	(01)
	12	17	0.2	(09)	7	0.09	(05)	4	0.06	(03)	28	0.12	(01)
	13	4	0.1	(08)	0	0	(0)	12	0.16	(07)	16	0.09	(04)
	14	2	0.02	(02)	0	0	(0)	1	0.01	(01)	3	0.01	(01)
	15	7	0.13	(07)	2	0.06	(04)	1	0.01	(01)	10	0.06	(03)

Negritas, total por microrregión; RF, registros fotográficos; X, media de la abundancia de captura expresada en número de registros por día-trampa; ES, error estándar de la media.

mente) pero no las hubo durante 2009. En los 3 años, las únicas aguadas en las que se encontraron diferencias en las abundancias obtenidas fueron la 6 y 12 ( $H_2 = 7.60$ ,  $p < 0.05$  y  $H_2 = 5.8$ ,  $p < 0.05$ , respectivamente; Cuadro 1, Fig. 3).

*Caracterización de hábitat en las aguadas.* Durante 2008 se registro mayor precipitación en la región (Fig. 4). 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 el muestreo, la MS presentó mayor disponibilidad de agua y la MN menor, con base en el porcentaje de agua acumulada, la superficie y la profundidad de sus aguadas. Sin embargo, el PAD varió en cada periodo: el promedio combinado de las 3 microrregiones durante el 2008 se mantuvo entre 50 y 75%, pero durante 2009 y 2010 se mantuvo entre 25 y 50%. Durante los tres años, las aguadas 6 y 15 de (MC y MS) fueron las únicas que se mantuvieron a más del 75% de su PAD, mientras que las otras aguadas mostraron fuertes variaciones anuales (Fig. 4). Las variaciones en la precipitación pluvial influyó en la abundancia registrada en las aguadas, ya que a menor precipitación fue menor el número de aguadas en las que se registró la presencia de tapir y mayor la abundancia registrada en ellas.

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 2 microrregiones ( $H_2 = 10.06$ ;  $p < 0.05$ ). Entre aguadas, se encontró variación significativa en la DF durante 2010, año en el que se encontraron los mayores valores en total alrededor de la aguada 15 ( $H_{14} = 48.23$ ;  $p < 0.05$ ) y durante la temporada seca, la aguada 6 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 la 10 ( $H_{14} = 57.3$ ;  $p < 0.05$ ). 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 (Cuadro 2).

Los modelos generales de paso adelante y de modelo lineal generalizado indican que las variables que explicaron en mayor medida la abundancia de tapir en la región de Calakmul de manera positiva fueron el porcentaje de cobertura de acahual arbóreo y selva alta, mientras que las variables de porcentaje de sitios sin cobertura aparente, de cobertura herbácea y selva baja caducifolia mostraron una relación negativa con la abundancia (Cuadro 3). Se registró mayor abundancia 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 por-

**Cuadro 2.** Variables de caracterización de las aguadas y sus alrededores, en la Reserva de la Biosfera de Calakmul Campeche, México

Microrregión	Aguada	Disponibilidad de alimento			Porcentajes de coberturas						
		DF	PCH	AcA	SA	SB	SBC	SM	SV	Pas	Zh
Norte	1	2.8	9.8	0.0	0.0	85.6	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4
	2	1.7	5.3	0.0	2.8	66.9	0.0	28.4	0.0	0.0	2.0
	3	4.0	16.5	0.0	0.0	94.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
	4	1.2	9.2	0.0	34.1	32.2	0.0	27.1	0.6	4.4	1.5
	5	0.9	27.6	0.0	0.0	93.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2
Centro	6	2.5	11.8	82.9	2.5	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
	7	1.4	11.4	0.0	0.0	0.0	19.0	80.8	0.0	0.0	0.2
	8	0.5	15.4	0.0	0.0	55.7	13.8	30.3	0.0	0.0	0.2
	9	0.3	13.6	0.0	0.5	89.6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9
	10	3.8	9.8	0.0	0.0	61.0	0.0	16.5	0.0	19.1	3.4
Sur	11	0.7	16.2	0.0	0.0	21.1	0.0	1.4	0.0	43.9	33.5
	12	0.2	12.3	0.0	0.0	33.0	0.0	0.0	0.0	45.6	21.4
	13	1.2	16.8	0.0	0.0	20.5	0.0	78.2	0.0	0.0	1.3
	14	0.2	16.4	0.0	0.0	31.2	0.0	11.9	0.0	55.6	1.3
	15	5.0	27.6	0.0	0.0	4.3	23.6	10.0	0.0	62.1	0.0

DF, densidad de frutos; PCH, porcentaje de cobertura herbácea; AcA, acahual arbóreo; SA, selva alta; SB, selva baja; SBC, selva baja caducifolia; SM, selva mediana; SV, sin vegetación aparente; Pas, pastizal; Zh, zona inundada.

**Cuadro 3.** Variables determinantes de la abundancia del tapir por medio de registros fotográficos, en las aguadas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul Campeche, donde ES es el error estándar, L-R X<sup>2</sup> es la razón de verosimilitud de Xi cuadrada (por sus siglas en inglés *likelihood ratio*), PCH porcentaje de cobertura herbácea, SBC selva baja caducifolia, SVA sin vegetación aparente

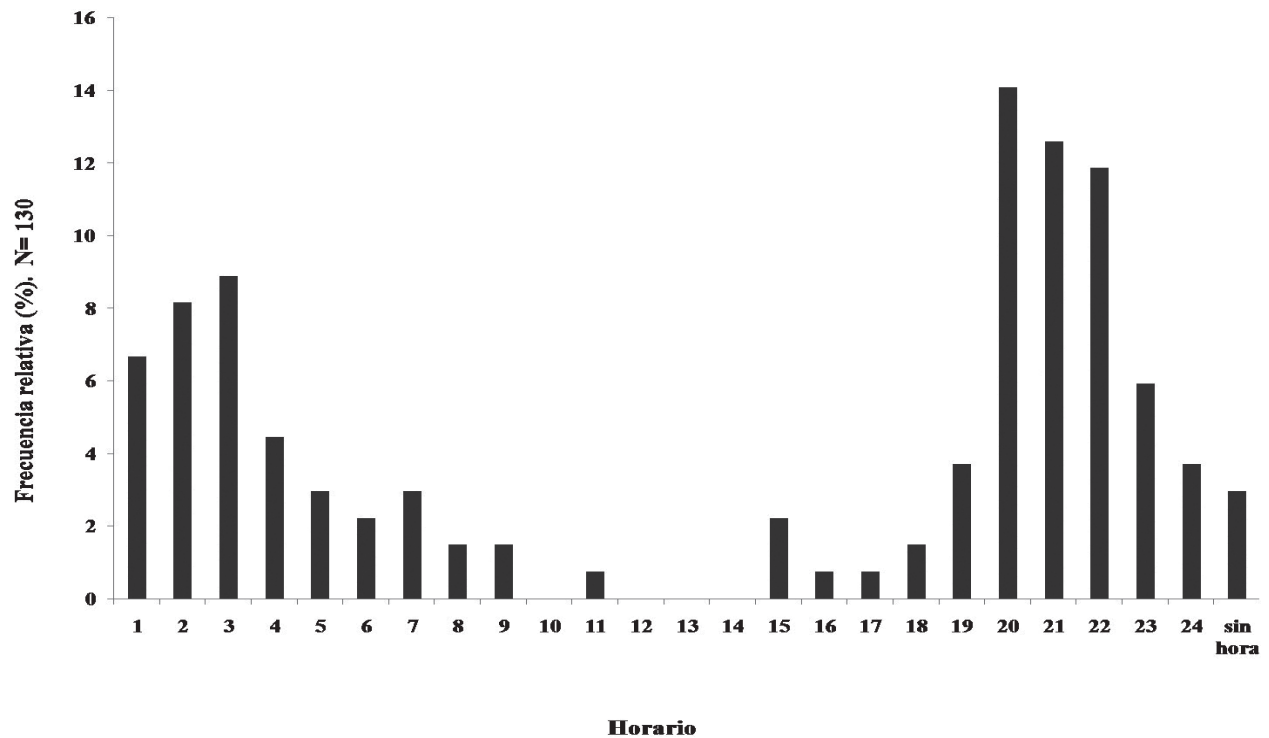
Variable	Periodo de muestreo	Estimador	ES	L-R X <sup>2</sup>	p
Acahual arbóreo	2008-2010	0.04	0.01	23.98	<0.0001
Selva alta	2008-2010	0.03	0.01	11.55	0.00
Porcentaje de agua	2008-2010	0.01	0.00	3.48	0.06
PCH	2010	-0.19	0.10	4.15	0.04
SBC	2010	-0.13	0.08	4.36	0.04
Selva alta	2010	0.07	0.02	25.53	<0.0001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

centaje 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.

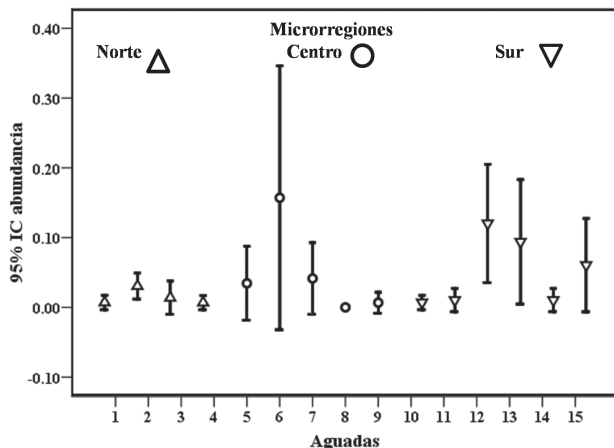
### Discusión

En 8 de las aguadas no se tuvieron registros fotográficos de tapir durante el año 2010. Sin embargo, sí se registraron huellas en los trayectos asociados a dichas aguadas.

Además, en 2 de las aguadas hubo registro de extracción constante de agua (aguadas 9 y 15), la apertura de un camino (aguada 15), aclareo y desmonte de la vegetación al interior y los alrededores de la aguada (aguada 9). En la misma región de Calakmul, Martínez-Kú et al. (2008) encontraron en sitios sin aguadas cercanas mayor densidad de huellas de tapir durante la temporada de lluvias que en la de secas. En un estudio con otro ungulado de Calakmul, el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*), Reyna-Hurtado et al. (2009) registraron que el patrón de movimiento estuvo



**Figura 2.** Porcentaje de registros fotográficos de tapir en relación con el horario diario en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche.

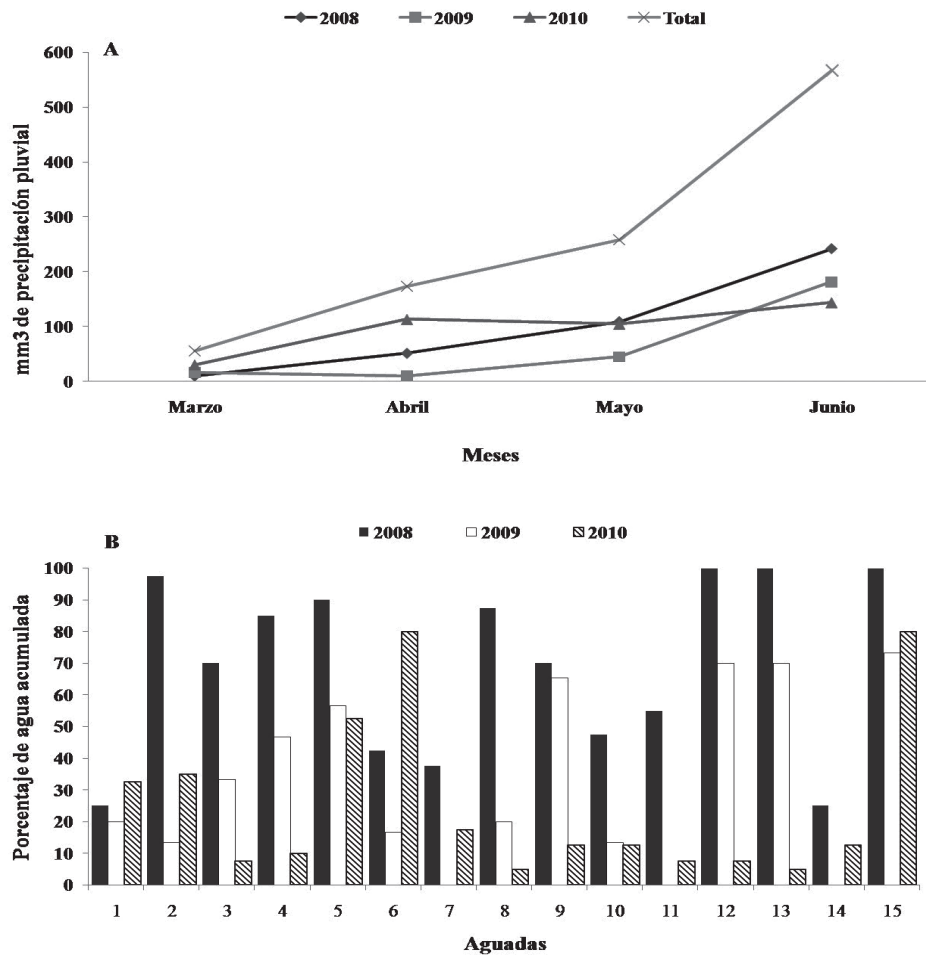


**Figura 3.** Comparación entre índice de abundancia de tapir (registros fotográficos/días-trampa) de 2008 a 2010 en 15 aguadas de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Las barras indican el intervalo de confianza de la media de la abundancia.

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).

Se ha registrado que los tapires (*T. bairdii* y *T. terrestris*) en Centro y Sudamérica reducen sus rangos de acción durante la estación seca, manteniéndose cercanos a fuentes de agua (Foerster y Vaughan, 2002; Noss et al., 2003; Trolle et al., 2008). 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). Sin embargo, Foerster y Vaughan (2002) mencionan que la disponibilidad de frutos y follaje de vegetación secundaria como alimento es el factor que determina las variaciones en el uso de hábitat por el tapir.

El patrón de actividad del tapir en este estudio fue de 86.9% en frecuencia de registros nocturnos, similar al de Costa Rica (Foerster y Vaughan, 2002; González-Maya et al., 2009), donde el 80.4% de la actividad 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 principalmente hábitos nocturnos, lo que puede ser útil para evitar el estrés hídrico que pudiera generarse por mantener la actividad en los horarios de mayor temperatura (Foerster y Vaughan, 2002).



**Figura 4.** Disponibilidad de agua en Calakmul con base en la precipitación y el porcentaje de agua disponible en las aguadas. A, 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, años 2008-2010 y B, porcentaje de agua acumulada en las aguadas durante la estación seca, años 2008, 2009 y 2010, en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

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

La proporción de sexos es parecida a la que registra 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) anotaron que la proporción de sexos para la Selva Lacandona fue de 1.3 hembras (57.1%) por cada macho (42.9%). Es probable que en este estudio se haya subestimado el número de hembras, debido a que no se pudo identificar el sexo (33.8%) de los tapires fotografiados y es más fácil identificar a los machos que a las hembras. De los registros obtenidos, únicamente se logró la identificación de 13 individuos distintos (6 hembras, 5 machos y 2 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 distribución y abundancia del 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, disponibilidad de frutos y disponibilidad de agua. Si bien, en el modelo lineal generalizado la principal variable explicativa de la mayor abundancia de tapir fue la dominancia de acahual maduro, selva alta y selva baja, la abundancia fue mayor en los cuerpos de agua que se mantuvieron llenos por más tiempo y con mayor DF a sus alrededores. Sin embargo, las variables de DF y PCH únicamente se midieron durante el año 2010 y no fue posible conocer su variación anual. Cabe señalar que la aguada 6, que es la que presenta el mayor porcentaje de cobertura de acahual, fue donde se obtuvo la mayor abundancia durante el año 2010.

La importancia de las aguadas es fundamental para los tapires de la región de Calakmul. Sin embargo, el valor relativo de cada aguada 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 6, en la cual no se registró la presencia de tapir durante el año 2008 y en 2009 únicamente se obtuvieron 3 RF. No obstante, en 2010 fue la única aguada que se mantuvo llena durante la temporada seca entre las microrregiones norte y centro. Al parecer, fue en ésta donde se agregaron los tapires que habitan en esa microrregión. Cabe la posibilidad de que en el área de estudio exista una combinación multifactorial (*i.e.*, distribución espacio-temporal, precipitación anual, calidad del agua y presencia de actividad humana, entre otros) que esté determinando la presencia de tapires cerca de las aguadas.

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 que 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 prolongación de los lapsos sin agua probablemente alterarían los patrones de movimiento de la especie, lo cual tendría efectos en la escala poblacional. Mantener en buen estado las aguadas de la región de Calakmul debe ser una prioridad para la conservación de la biodiversidad en la 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 (No. 32587) para estudios de maestría proporcionada al primer autor Sadao Pérez-Cortez, quien también agradece a Luis Sosa, Miguel Álvaro, Miguel Ocaña, Florentino Pérez, Ernesto Gutiérrez, Antonio Té, Epifanio, Saúl Amador, José L. Rangel-Salazar, Sophie Calmé, Halia Zúñiga por su orientación y apoyo.

## 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*. Blackwell Science, Cambridge. 333 p.
- Eisenberg, J. F. 1989. *Mammals of the Neotropics*. Vol. 1, The Northern neotropics. University of Chicago Press, Illinois, 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. y J. Pat. 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. 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.
- Gysel, L. G. y L. J. Lyon 1987. Análisis y evaluación del hábitat. In Manual de técnicas de gestión de vida silvestre, primera edición, R. Rodríguez-Tarrés (ed.). The Wildlife Society, Bethesda, Maryland. p. 321-344.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2010. IUCN Red list of threatened species, ver. 2010.4. www.iucnredlist.org; última consulta: 11.XI.2011.
- 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. Serie Monográfica 1. Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste, San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 37 p.
- March, I. y E. J. Naranjo. 2005. Tapir (*Tapirus bairdii*). In 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. 2002. La vegetación de Calakmul: descripción, composición y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71:7-32.
- 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. In Avances en el estudio de los mamíferos de México. Publicaciones Especiales II, C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste/ El Colegio de la Frontera Sur/ Instituto Politécnico Nacional/ Universidad Autónoma del Estado de México / Universidad Autónoma Metropolitana/ Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas/ Universidad Veracruzana, México, D. F. p. 449-468.
- Morrison, M. L., B. G. Marcot y R. W. Mannan. 2006. Wildlife-habitat relationships concepts and applications, tercera edición. Island, Washington, D.C. 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.
- Noss, A. J., R. L. Cuéllar, J. Barrientos, L. Maffei, E. Cuéllar, R. Arispe, D. Rómiz 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 IUCN/SSC Tapir Specialist Group* 12:24-32.
- 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.
- 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.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 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, p.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, New York. 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.