



El Colegio de la Frontera Sur

Abundancia relativa, selección de hábitat y distribución potencial del tapir centroamericano en la península de Yucatán: estudio a escala local y regional

TESIS

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

Natalia Lucia Carrillo Reyna

2013

Agradecimientos

Agradezco a la Dirección de la Reserva de la Biosfera de Calakmul por facilitarme el permiso para realizar investigación en el área. Al personal que labora en ella por permitirme el acceso y la estancia en su campamento.

A los ejidatarios de la ciudad de Hopelchen Campeche, por facilitarme el permiso de acceder a su zona de ampliación forestal en la Reserva Estatal Balam-Kú a realizar parte de esta investigación.

A mi comité tutorial: Dra. Birgit Schmook, Dra. Elsa Nickl, Dr. Rafael Reyna, Dra. Georgina O´Farril y Dra. Sophie Calmé, por ayudarme a planear este proyecto y por sus comentarios y correcciones a esta tesis. A mi tutora, Birgit Schmook y a Rafael Reyna por su apoyo para terminar este proyecto. A Rafael Reyna por su asesoría en los métodos de campo y por su ayuda y orientación en la realización de los análisis estadísticos.

Agradezco a Holger Weissenberger por su guía y enseñanza en la utilización de Sistemas de Información Geográfica y por su invaluable ayuda en la elaboración de los mapas de esta tesis.

Por proporcionarme datos de registros de tapir derivados de sus estudios e investigaciones agradezco al Dr. Eduardo Mendoza, Dr. Pablo Ramírez, M. C. Saúl Amador, Biol. Isabel Serrano, Dra. Sophie Calmé y Halia Zúñiga, Dra. Georgina O´Farrill, MVZ Mauro Sanvicente, MVZ Jonathan Pérez, Biol. Enrique Escobedo y la colección mastozoológica del Colegio de la Frontera Sur, Yadira Gómez y la Reserva



de la Biosfera de Sian Ka'an, Jorge Gomez Poot y el Parque Natural Arrecifes de Xcalak, Sadao Pérez y Edgar Matus.

Al Colegio de la Frontera Sur y a Patricia Bardales por el apoyo logístico.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de esta tesis (No. 393532). Así como por la beca otorgada "Becas mixtas 2012" para realizar una estancia de estudio.

Al Parque Internacional La Amistad (PILA) por recibirme en sus instalaciones y permitirme el acceso al parque. En especial al Dr. Fabricio Carbonell por facilitarme los medios para poder realizar esta estancia, por sus opiniones para esta tesis y por la gran oportunidad que me concedió al poder visitar y conocer algunas de las áreas protegidas de Costa Rica, así como a las excelentes personas que laboran en el parque.

Agradezco especialmente a Antonio Jasso por su apoyo constante en la realización de esta tesis, tanto la invaluable ayuda prestada en campo, como las revisiones, comentarios y respuestas a todas mis preguntas diarias acerca de la tesis, por el apoyo moral y por tu paciencia, gracias.

A mis amigos del Ecosur que me acompañaron en las altas y bajas durante todo este tiempo e hicieron que el proceso de la tesis fuera más divertido.

A mi familia, porque la felicidad que me proporcionan me hace seguir adelante siempre, gracias.



INDICE

Resumen	5
Introducción.....	6
Antecedentes.....	10
El tapir en las Reservas de Calakmul y Balam Kú.....	13
La escala espacial en el estudio de hábitat.....	14
Biología del tapir centroamericano.....	17
Área de estudio.....	21
Materiales y métodos.....	24
Transectos.....	25
Abundancia relativa de huellas.....	25
Cámaras-trampa.....	26
Abundancia relativa de foto-capturas.....	27
Caracterización del hábitat.....	28
Modelo de distribución potencial.....	30
Resultados.....	34
Abundancia relativa de huellas.....	34
Abundancia relativa de foto-capturas.....	36
Caracterización del hábitat.....	37
Preferencia de hábitat.....	41
Modelo de distribución potencial.....	42
Discusión.....	49
Conclusión.....	57
Literatura citada.....	60
Apéndices.....	76
Anexo.....	82



Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar la abundancia relativa y la selección de hábitat de *Tapirus bairdii* en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y en la Reserva Estatal de Balam Kú en el estado de Campeche, así como evaluar la distribución potencial de la especie en la península de Yucatán y determinar las variables climáticas que influyen dicha distribución. Para ello, se establecieron 30 km de transectos que se recorrieron durante los meses de abril a julio del 2012, donde se registró el índice de abundancia relativa (IAR) a través del registro de huellas del tapir y variables del hábitat como disponibilidad de alimento y tipos de vegetación. El IAR se reforzó con la instalación de cámaras-trampa en nueve aguadas. Para conocer la distribución potencial del tapir en la península de Yucatán, se aplicó un Modelo de Máxima Entropía (Maxent). Los resultados sugieren que la Reserva de Balam Kú tiene menos recursos alimenticios que la Reserva de Calakmul; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el IAR entre ambas reservas y tampoco se registró una preferencia del tapir por el tipo de vegetación. Maxent predijo un área de distribución potencial extra a la distribución actual de 1,997,621 ha. De acuerdo a la influencia de las variables climáticas, la mayor probabilidad de encontrar tapires en la península de Yucatán se da en lugares donde llueve mucho y las temperaturas no son muy altas. Este trabajo aporta conocimiento sobre la abundancia del tapir en la Reserva de Calakmul y la Reserva de Balam Kú, zonas donde existen pocos estudios al respecto. Sugiere, además, que los tapires pueden distribuirse en zonas más secas. Adicionalmente, se identifican zonas de distribución potencial donde se requieren



estudios para confirmar su presencia y la posibilidad de integrarlas a planes de conservación.

Palabras clave: preferencia de hábitat, recurso, movimientos, *Tapirus bairdii*, presencia.

Introducción

El hábitat se define como un área con una combinación de recursos y condiciones ambientales que propician la ocupación de individuos de una especie (o población) y permite a estos individuos sobrevivir y reproducirse (Morrison, et al., 1998). El hábitat es percibido y usado de forma diferente por distintas especies, dependiendo de sus necesidades alimenticias, hábitos reproductivos, requerimientos de espacio y tolerancia a áreas con condiciones de menor calidad (Pereira, 2011). A menudo, se puede encontrar la misma especie en hábitats diferentes en la misma región, donde pueden experimentar diferentes tasas de crecimiento, natalidad o mortalidad (Pulliam y Danielson, 1991). Esto es, en parte, una consecuencia de los procesos de búsqueda y establecimiento de un animal, los cuales están influenciados por la competencia y depredación (Rosenzweig, 1991) o por la repartición de recursos (Schoener, 1974).

Las distintas variables del hábitat, como los tipos de vegetación, condiciones del suelo o existencia de suficientes áreas de traslado, refugio o apareamiento, influyen en la distribución de los animales (Gallina, 1998). Sin embargo, algunos elementos del hábitat, como la disponibilidad de agua y alimento, son determinantes en sus patrones de distribución y abundancia por condicionar su supervivencia (Rautenstrauch y Krausman, 1989; Mandujano y Gallina, 1995).



La forma en que entendemos los requerimientos de cada especie e individuo será diferentes de acuerdo con la escala espacial de hábitat que se esté estudiando (Saab, 1999; Goulart, et al., 2009; Chavez, 2010), por lo que la selección de hábitat debe ser analizada a diferentes escalas espaciales. A una escala amplia (biogeográfica) el establecimiento de una especie se verá influenciado por los tipos de clima, vegetación y altitud. A una escala local (p. ej. en un parche 10 km²) las variables que tendrán efecto pueden ser la disponibilidad de alimento, riesgo de depredación e interacciones competitivas (Pedlar, et al., 1997; Pérez-Solano, 2011).

Conocer la distribución espacial de las especies y sus requerimientos ambientales a diferentes escalas de hábitat (local, regional, biogeográfica) es importante para realizar planes de conservación eficientes. Estos planes requieren de información biológica y ecológica que nos permita interpretar como reaccionan los organismos a los cambios ambientales y a la reducción de los ambientes naturales (Hernández, et al., 2006; de Villa Mesa, 2006). Igualmente, conocer el uso de hábitat es fundamental en particular para especies en peligro de extinción, ya que permite analizar el hábitat al que se encuentran asociadas esas especies en particular y así poder desarrollar estrategias de manejo y conservación (Foerster y Vaughn, 2002; Goulart, et al., 2009).

El tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) es el mamífero terrestre más grande del Neotrópico (Tobler, 2002). Es una de las cuatro especies que conforman a la familia Tapiridae y una de las tres que se encuentran en el continente americano (Mendoza y Carbajal, 2011). Su distribución geográfica incluye el área comprendida desde el



sureste de México, hasta el norte de Colombia (Reid, 1997; Lawton, 2000; Kappelle y Brown 2001; Naranjo, 2002; Fig. 1). Habita preferentemente en áreas boscosas extensas (>1,000 ha) con escasa perturbación y cuerpos de agua permanentes (Ceballos y Oliva, 2005). Sin embargo, han sido reportados en bosques tropicales perennifolios, subcaducifolios, caducifolios y mesófilos de montaña, selvas bajas inundables y manglar (Naranjo, 1995; Naranjo y Cruz, 1998; Foerster, 2002; Reyna-Hurtado, 2002; Naranjo, 2009; Lira-Torres y Briones-Salas, 2012). También se ha reportado que los tapires usan bosques riparios y vegetación sucesional (causada por disturbios naturales; Muench, 2001) y se les ha observado en vegetación secundaria e incluso en pastizales y cultivos (Nolasco, 2009).



Figura. 1. Distribución actual de *Tapirus bairdii*.



El tapir centroamericano juega un importante papel ecológico en la dinámica de las selvas por su actividad en la herbivoría y la dispersión o depredación de semillas de numerosas especies vegetales (Bodmer, 1990; Naranjo, 1995; Olmos, 1997; O´Farrill, et al., 2007, 2013). En México, esta especie forma parte de la dieta del jaguar (*Panthera onca*) y del puma (*Puma concolor*; March y Naranjo, 2005). Sin embargo, se estima que las poblaciones de tapir centroamericano se han reducido un 50% en toda su área de distribución en los últimos 30 años (Castellanos, et al., 2008). En México, su distribución actual abarca solamente alrededor del 45% de lo que era su distribución histórica (Nolasco, et al., 2007). Esta reducción se debe principalmente a la deforestación y fragmentación de su hábitat, cacería y muertes que se producen en encuentros incidentales con humanos (Robinson y Redford, 1994; Naranjo, 2009).

La conservación y manejo adecuado de este mamífero y su hábitat no será posible si se carece de información sobre sus abundancias, las características ambientales necesarias para su distribución, su estructura poblacional, y la disponibilidad y calidad del hábitat (Naranjo, 2009). También hace falta ahondar en los factores de riesgo que enfrentan sus poblaciones por ejemplo el efecto del aislamiento de las poblaciones en pequeños parches de bosque o su susceptibilidad a la transmisión de enfermedades con animales domésticos (Naranjo, 2009; Mendoza y Carbajal, 2011).

Por ello, en esta investigación se realizó una estimación de la abundancia relativa del tapir centroamericano, a través de la búsqueda de huellas y de la toma de fotografías, con ayuda de estaciones automáticas de cámaras-trampa. Se midieron



variables ambientales locales, como disponibilidad de alimento (frutos caídos y cobertura vegetal del sotobosque) y tipos de vegetación, y se relacionaron con los registros de tapires encontrados para poder evaluar la selección de hábitat de la especie a escala local. Este trabajo se realizó en tres sitios ubicados en la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC) y la Reserva Estatal de Balam-kú (REBK) en el estado de Campeche, México. Dichos sitios se encuentran bajo el efecto del gradiente de humedad presente en la península de Yucatán, donde la precipitación incrementa de norte a sur (Gunn y Adams, 1981; Folan, et al., 1983).

Con la finalidad de determinar algunas de las variables ambientales que afectan la distribución del tapir a una escala más amplia (biogeográfica), se desarrolló un modelo de distribución potencial de la especie en la península de Yucatán, a través de la aplicación del Modelo de Máxima Entropía (Maxent; Phillips, et al., 2006).

Antecedentes

A partir de 1984, se han reportado estimaciones de abundancias relativas y densidades de tapir centroamericano en Panamá, Honduras, Costa Rica, Belice, Guatemala y México (Williams, 1984; Glanz, 1990; Fragoso 1991; Naranjo, 1995; Foerster, 1998; Flesher, 1999). Las abundancias relativas reportadas se encuentran entre 0.15 rastros/km en el noreste de Honduras (Flesher, 1999), hasta 1.37 rastros/km en la Reserva de la Biosfera La Sepultura, en Chiapas, México (Cruz, 2001). Estas variaciones se deben a factores como la topografía, humedad, tipo de vegetación dominante, disponibilidad de alimento y agua y presencia de actividad humana, entre otros (Naranjo, 2009).



Las poblaciones de tapir que se han estudiado parcialmente en México son las que se encuentran en las grandes áreas naturales protegidas de Chiapas, como la Reserva de la Biosfera Montes Azules donde se reportaron abundancias de 0.33 rastros/km (Bolaños y Naranjo, 2001) y de 0.22 rastros/km (Naranjo, 2001). En la Reserva de La Sepultura, Cruz (2001) reporta una abundancia relativa de rastros de tapir de 1.37 huellas/km. Mientras que en El Triunfo se reportan abundancias de 0.67 huellas/km (Lira-Torres, et al., 2004).

Algunos de estos estudios señalan que el tapir se encuentra principalmente en áreas sin cacería y con poca presencia humana (Naranjo, 2001; Lira-Torres, et al., 2004). Naranjo y Bodmer (2007) en la selva Lacandona encuentran una menor cantidad de rastros de tapir en las zonas con altos índices de cacería (0.50 huellas/100 km) y mayor en las zonas de menor cacería (1.07 huellas/100 km).

Otras estimaciones de abundancias de tapir se han realizado mediante el uso de cámaras-trampa, las cuales son un método no invasivo que permite obtener información acerca de la densidad y abundancia de una población (Maffei, et al., 2002; Karanth, et al., 2004). Sin embargo, a pesar de que las cámaras trampa requieren un menor esfuerzo que la búsqueda de rastros, su principal desventaja es el costo y mantenimiento del equipo (Trolle, et al., 2008).

En los Chimalapas en Oaxaca, a través del uso de cámaras-trampa, Lira-Torres y Briones-Salas (2012) indican que el tapir es una de las especies de mamíferos más abundantes en esa región. Por otro lado, en la única investigación realizada en Quintana Roo para tapir (Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an Ka'ax) Pérez-



Cortez y Matus-Pérez (2010) reportan un registro de seis fotografías en 23 días-trampa. Estos mismos autores estiman la abundancia relativa de huellas en 1.01 rastros/km.

Estudios sobre aspectos ecológicos del tapir sugieren que la especie hace uso de varios tipos de vegetación a través del paisaje (Foerster, 2002; Naranjo, 2009). Los principales tipos son las selvas altas y medianas subperenifolias, los bajos inundables, asociaciones de vegetación hidrófila y acahuales asociados con bosques primarios (March, 1994).

Los estudios sobre uso de hábitat reportan resultados similares. En la selva Lacandona en México, Sánchez-Núñez y colaboradores (2012), encontraron un mayor número de huellas en la selva alta y mediana, sin embargo no encontraron diferencias significativas entre el número de huellas encontradas en los diferentes tipos de hábitat. En el Parque Nacional Corcovado de Costa Rica, se reportó que el bosque secundario fue el hábitat más utilizado por los tapires, seguido del bosque primario (Foerster y Vaughan, 2002).

En una revisión hecha por Naranjo (2009), sobre aspectos ecológicos del tapir, el autor concluye que el tapir centroamericano prefiere tipos de hábitat que contengan: 1) disponibilidad permanente de cuerpos de agua, 2) cobertura vegetal diversa y densa, lo que implica mayor cantidad de alimento, 3) grandes extensiones de vegetación riparia, 4) poca incidencia de incendios forestales, y 5) menor presión de caza y presencia humana.



El tapir en las Reservas de Calakmul y Balam Kú

Son contados los trabajos que se han realizado para el tapir en estas reservas. Algunos ejemplos son la investigación realizada por Martínez-Kú y colaboradores (2005), en la que estimaron la importancia de los cuerpos de agua temporales, conocidos localmente como aguadas, para mamíferos. Estos investigadores encontraron que el tapir centroamericano presentó una mayor abundancia de rastros en los sitios con aguadas, en comparación con los sitios sin aguadas, indicando además que durante la temporada seca, los registros de tapir fueron exclusivos para los sitios con aguadas.

Reyna-Hurtado y Tanner (2007) mostraron que el tapir tuvo abundancias relativas más altas en los ejidos con cacería (0.42 rastros/km) que en el área protegida de la RBC (0.03 rastros/km). Los mismos autores mencionan que en los sitios con cacería el tapir no es la presa preferida de caza y que la mayor abundancia se puede deber a la mayor disponibilidad de agua que en el área protegida de la RBC. Además, determinaron que el tapir es una especie que prefiere la selva mediana y los bosques bajos inundables y que evita el bosque seco.

En un proyecto para documentar el uso de las aguadas por la fauna silvestre en la zona sur de la RBC, Reyna-Hurtado y colaboradores (2010) encontraron que las aguadas son utilizadas por una gran cantidad de fauna silvestre, entre las que destacan tres especies altamente asociadas a la presencia de agua en aguadas: el tapir centroamericano, el Hocofoaisan (*Crax rubra*) y el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*). Como parte de este estudio Pérez-Cortez (2011) evaluó la disponibilidad de alimento y agua en la distribución y abundancia del tapir centroamericano y encontró que la



distribución y temporalidad de las aguadas son los factores del hábitat más determinantes en la distribución y abundancia del tapir en la zona sur de la RBC.

En estudios enfocados en conocer la importancia del tapir en procesos ecológicos, como la dispersión y depredación de semillas, O´Farril y colaboradores (2012) realizaron un experimento para comparar el éxito de germinación de las semillas extraídas de los frutos de *Manilkara zapota*, con aquellas obtenidas en las excretas de tapir. Los resultados muestran que no hubo diferencias en la germinación de ambos tipos de semillas y en su sobrevivencia. Lo que sugiere que el tapir ayuda a la dispersión de semillas a través de su hábitat sin poner en riesgo su germinación.

Para la Reserva Estatal de Balam-Kú son pocos los estudios de tapir que se han realizado y la mayoría no han sido publicados. Guerra Roa (2010), dentro del programa “Fomento del Manejo del Ecosistema Trinacional de la Selva Maya (México-Belice-Guatemala)” realizó evaluaciones de las poblaciones de tapir presentes en las RBC y REBK. En total, se obtuvieron 199 registros de tapir (huellas) y 17 puntos donde se detectó su presencia por medio de foto trampeo.

La escala espacial en el estudio del hábitat

La extensión y resolución espacial y temporal de un estudio pueden afectar nuestra forma de observar los fenómenos en un sistema y las inferencias que se extraen de ellos (López de Casenave, et al., 2007). La importancia de esto radica en que cada proceso ecológico ocurre a escalas espaciales, temporales y de organización ecológica muy diferentes (Levin, 1992; Turner, et al., 2001).

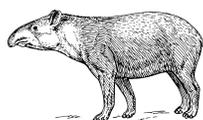


Según Johnson (1980), el proceso de selección de hábitat que hace un animal se da de forma jerárquica de la siguiente manera:

- Selección de primer orden: es la que hace una especie a escala geográfica.
- Selección de segundo orden: es a nivel del ámbito hogareño de un individuo dentro de su rango geográfico.
- Selección de tercer orden: se relaciona con la forma en cómo son usados los componentes del hábitat dentro del ámbito hogareño (p. ej. áreas usadas para forrajeo).
- Selección de cuarto orden: si la selección de tercer orden determina, por ejemplo, un sitio de forrajeo, el cuarto orden será la obtención del alimento disponible en ese sitio.

Por su parte Wiens (1989) realiza una división de la escala más relacionada al nivel de paisaje en que se conducen los estudios de hábitat. Según este autor, las escalas espaciales se caracterizan de la siguiente manera:

- Escala del individuo: espacio ocupado por un individuo durante un período relevante de tiempo.
- Escala local: área ocupada por individuos de varias especies.
- Escala regional: área que contiene muchos parches o poblaciones que pueden o no estar unidas por dispersión y,
- Escala biogeográfica: área lo suficientemente grande como para incluir diferentes climas, formaciones vegetales y ensambles de especies.



Los patrones más obvios de la distribución de los organismos ocurren en respuesta a las variaciones físicas del ambiente, por ejemplo, en hábitats terrestres, estos patrones son determinados por el clima, los tipos de suelo y la fisiología del animal (Brown y Lomolino, 1998).

Conocer la distribución espacial de un organismo a escalas regionales y biogeográficas, así como los factores que influyen sobre ella, es de gran utilidad cuando se trata de proponer áreas de conservación de una especie o de una población. Su diversificación geográfica nos permite señalar las áreas con mayor valor ecológico para su conservación (Serey, et al., 2011).

Sin embargo, los costos en términos económicos y humanos de realizar estudios a gran escala son altos. Por lo que se han desarrollado una variedad de aproximaciones de análisis espaciales y modelos predictivos de la distribución geográfica de las especies. Los más usados son el Modelo de Máxima Entropía (Maxent) desarrollado por Phillips y colaboradores (2006), el algoritmo genético basado en reglas de predicción (GARP) desarrollado por Stockwell y Peters (1999) y el algoritmo básico de BIOCLIM que localiza áreas con clima similar al de las localidades conocidas de las especies (Busby, 1991).

El desarrollo de modelos predictivos de distribución de especies ha tomado mayor importancia en los estudios de ecología y conservación, debido a la variedad de aplicaciones en estas áreas de estudio. Por ejemplo, han sido aplicados para conocer la propagación de especies invasivas (Thuiller, et al., 2005), impactos del cambio climático



(Thomas, et al., 2004), patrones espaciales de la diversidad de especies (Graham, et al., 2006) y distribución potencial de organismos (Vidal-García y Serio-Silva, 2011).

Nolasco (2009) realizó una tesis utilizando el Modelo de Máxima Entropía para evaluar la distribución histórica del tapir en México y conocer el estado de conservación actual de la especie. En dicho trabajo, Nolasco seleccionó cuatro regiones de alta prioridad para la conservación del tapir: Selva Zoque, Selva Lacandona, Reserva de la Biósfera Calakmul y áreas adyacentes, y la Reserva de la Biósfera Sian Ka'an y áreas adyacentes. Además, determinó también que la distribución actual (Campeche, Quintana Roo, Chiapas y Oaxaca) representa entre 39.6-45% de la distribución histórica del tapir centroamericano.

Biología del tapir centroamericano

Distribución: En México, actualmente la distribución del tapir se limita a las grandes áreas de selva remanentes en los estados de Chiapas, Oaxaca, Campeche y Quintana Roo (Lira, et al., 2005; Naranjo, 2009). Sin embargo, su distribución histórica (anterior a 1990) incluía los estados de Yucatán, Tabasco, Veracruz y Guerrero (Nolasco, et al., 2007). A los tapires se les encuentra desde el nivel del mar, hasta los 2,500 msnm, aunque prefieren tierras bajas, ya que la mayoría de las localidades donde habitan se sitúan por debajo de los 600 msnm (Ceballos y Oliva, 2005).

Alimentación: La dieta del tapir se compone principalmente de hojas, brotes, tallos, frutos, flores y corteza. Las hojas y tallos pueden representar hasta el 90% de la masa consumida, mientras que el consumo de frutos y semillas varía de 1.4-18.6% (Naranjo, 1995, 1998). Sin embargo, presenta variaciones espaciales y temporales en su dieta,



pudiendo modificar su estrategia alimentaria dependiendo de la época del año y del tipo de hábitat donde se encuentre (Foerster, 2002; Foerster y Vaughan, 2002). Por ejemplo, el consumo de frutos versus partes vegetativas puede variar entre hábitats, biomasa y poblaciones (O´Farrill, et al., 2013).

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). Según el manual veterinario del Grupo de Especialistas de Tapires (2007), los tapires son propensos a desarrollar hipertermia por lo que necesitan visitar cuerpos de agua para controlar su temperatura, convirtiendo a la disponibilidad de agua en una variable determinante en la preferencia y uso de hábitat a lo largo de su distribución.

Reproducción: El tapir centroamericano alcanza la madurez sexual entre los 2.5 y 4 años. El apareamiento puede ocurrir en cualquier época del año (Ceballos y Oliva, 2005). El período de gestación varía de 390 a 400 días (13 meses aproximadamente). La tasa reproductiva es baja: una cría cada dos años en condiciones ideales (Naranjo, 2001; Ceballos y Oliva, 2005). Los machos presentan una gran actividad durante el celo, caminando, corriendo, sumergiéndose en el agua, mordiéndose mutuamente las patas y el cuerpo, y efectuando repetidos intentos de cópula, acompañados de fuertes silbidos hasta lograr la cópula definitiva (Ceballos y Oliva, 2005).

Comportamiento: Los tapires son usualmente solitarios, muy activos durante las primeras y últimas horas de la noche, aún cuando ocasionalmente pueden moverse



durante el día en áreas con escasa actividad humana. La comunicación entre congéneres consiste en vocalizaciones muy agudas, similares a silbidos. Son excelentes nadadores y buceadores, capaces de cruzar ríos caminando sobre el fondo de los mismos (Ceballos y Oliva, 2005).

Los cuerpos de agua son elementos importantes de su hábitat puesto que los utilizan como refugio en caso de peligro y como sitios de descanso durante las horas más calurosas (Ceballos y Oliva, 2005). Aunque estos mamíferos son tímidos y normalmente evitan los encuentros con humanos, en situaciones extremas pueden tornarse agresivos, especialmente si se trata de hembras con cría (CONANP, 2010).



OBJETIVOS

Objetivo general

- Estimar la abundancia relativa y selección de hábitat del tapir centroamericano en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y la Reserva Estatal Balam Kú en el estado de Campeche, así como generar un mapa, a escala biogeográfica, de la distribución potencial de la especie en la península de Yucatán.

Objetivos particulares

- Estimar la abundancia relativa y establecer la selección de hábitat del tapir centroamericano en tres sitios ubicados a lo largo de un gradiente de humedad en la Reserva de la Biosfera Calakmul y la Reserva Estatal Balam Kú.
- Determinar la disponibilidad espacial y temporal de los recursos alimenticios y de agua para el tapir centroamericano en la Reserva de la Biosfera Calakmul y la Reserva Estatal Balam Kú.
- Modelar la distribución potencial del tapir centroamericano en la península de Yucatán y determinar las variables climáticas de mayor importancia para su presencia.



Área de estudio

La RBC y la REBK se localizan en el sureste del estado de Campeche (Fig. 2). La RBC tiene una extensión de 723,185 ha y limita al este con el estado de Quintana Roo y al sur con Guatemala, en el oeste se encuentra unida a la REBK. La REBK cuenta con una extensión de 409,200 ha y colinda al norte con la Reserva Estatal de Balam Kin, al sur con Guatemala y al oeste con los municipios de Candelaria y Escarcega. Ambas reservas forman parte de un macizo forestal que abarca a las Reservas de Balam Kin y Balam Ka´ax en Quintana Roo. Esta región se conecta con la Reserva de la Biosfera Maya que continúa en el Peten Guatemalteco y el Área de Conservación de Milpas-Río Bravo en Belice, lo que en conjunto abarca 3, 073,998 ha de cobertura boscosa que forman la segunda área de bosque tropical más grande del continente americano, la Selva Maya (SMAAS, Campeche; Fig. 2).

La topografía de estas reservas es de un relieve predominantemente plano con lomeríos de hasta 385 msnm (Guerra, 2010). De acuerdo al sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1973), el clima predominante en esta zona es cálido subhúmedo (Aw), con una temperatura media anual de 27° C (Arriaga, et al., 2000; García-Gil, 2003).

La península de Yucatán presenta un gradiente de humedad del noroeste hacia el sureste (Gunn y Adams, 1981; Folan, et al., 1983). Esto genera que en la región se presente un gradiente de humedad y precipitación que se incrementa de norte a sur, con precipitaciones que varían de 600 mm en el norte a 1,400 mm en el sur. Hay una



temporada de lluvias, principalmente entre junio y octubre, y una temporada de secas con mayor intensidad entre febrero y mayo (Vester, et al., 2007; Guerra, 2010).

A través de una modificación a la clasificación de Miranda (1964), el Instituto Nacional de Ecología clasificó la vegetación de Calakmul y Balam Kú de la siguiente manera:

1) Selva alta perennifolia y subperennifolia. Tiene un estrato dominante de 30 m o más de altura y el 25% de las especies pierden las hojas en la época seca. Los árboles dominantes son: *Manilkara zapota*, *Bursera simaruba*, *Brosimum alicastrum*, *Vitex gaumeri*, etc. Son comunes las asociaciones de *M. zapota*-*B. alicastrum* y *M. zapota*-*Bucida buceras*, entre otras. Solo existe no más del 5% de selva alta en la zona sureste de la RBC.

2) Selva mediana subperennifolia. Es la vegetación dominante de la Reservas. Del 25 al 50% de sus elementos pierden las hojas durante la sequía; los árboles dominantes no sobrepasan los 25 m de altura. Presenta alternancia con otros tipos de vegetación y comparte elementos florísticos de la selva alta. Las especies dominantes son: *Brosimum alicastrum*, *Vitex gaumeri*, *Lonchocarpus xul*, *L. yucatanensis*, *Bursera simaruba*, *Protium copal*, *Swietenia macrophylla*. Esta selva es abundante y comprende alrededor del 50% de la RBC.

3) Selva baja subperennifolia inundable. Esta selva se esparce de manera fragmentada en suelos que se denominan ak'alche' (en lengua Maya) y se caracterizan por ser suelos profundos, arcillosos y con drenaje deficiente. Los árboles de esta vegetación no sobrepasan los 10-15 m. Flores (1974) indica que es posible encontrar asociaciones de



estos “bajos” en aguadas y azolvadas entre selvas altas y medianas. Las especies que destacan son: *Haematoxylon campechianum*, *Metopium brownei*, *Bucida buceras*, *Cocoloba cozumelensis*, *Mimosa bahamensi*. Se estima que esta selva cubre aproximadamente un 25% de la RBC.

4) Selva baja subperennifolia. En esta selva el estrato dominante es de 15 m o menos de altura. Su composición es parecida a la selva mediana subperennifolia, pero el estrato arbóreo es más pequeño. Los principales elementos son: *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota*, *Lysiloma latisiliqua*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Vitex gaumeri*, *Thouinia paucidentata*, *Bucida buceras*, *Protium copal*, *Krugiodendron ferreum*, *Lonchocarpus yucatanensis*.

5) Selva baja caducifolia. El tipo de régimen de humedad donde se presenta varía de semiseco a seco y son sitios con precipitaciones escasas. Los elementos dominantes son: *Guayacum sanctum*, *Esenbeckia yax-hob*, *Lysiloma latisiliqua*, *Pseudobombax ellipticum*, *Ceiba schottii*. Este tipo de vegetación alcanza aproximadamente el 20 % de la RBC.

En Calakmul la mayoría del agua de lluvia percola hacia el subsuelo y solo poca escurre superficialmente en corrientes temporales o semi permanentes, almacenandose en las selvas inundables o “bajos” y en los cuerpos de agua conocidos localmente como “aguadas”. Estos reservorios son la única fuente de agua para la fauna silvestre y para varias comunidades humanas durante la época seca (Reyna-Hurtado, et al., 2010). Se estima que existe una aguada cada 9.3 km², con una distancia mínima entre aguadas estimada de cerca de 3000 m (García-Gil, et al., 2002). Muchas de las aguadas son



temporales y al parecer la disponibilidad de agua sigue patrones multianuales irregulares (Reyna-Hurtado, com. pers.).

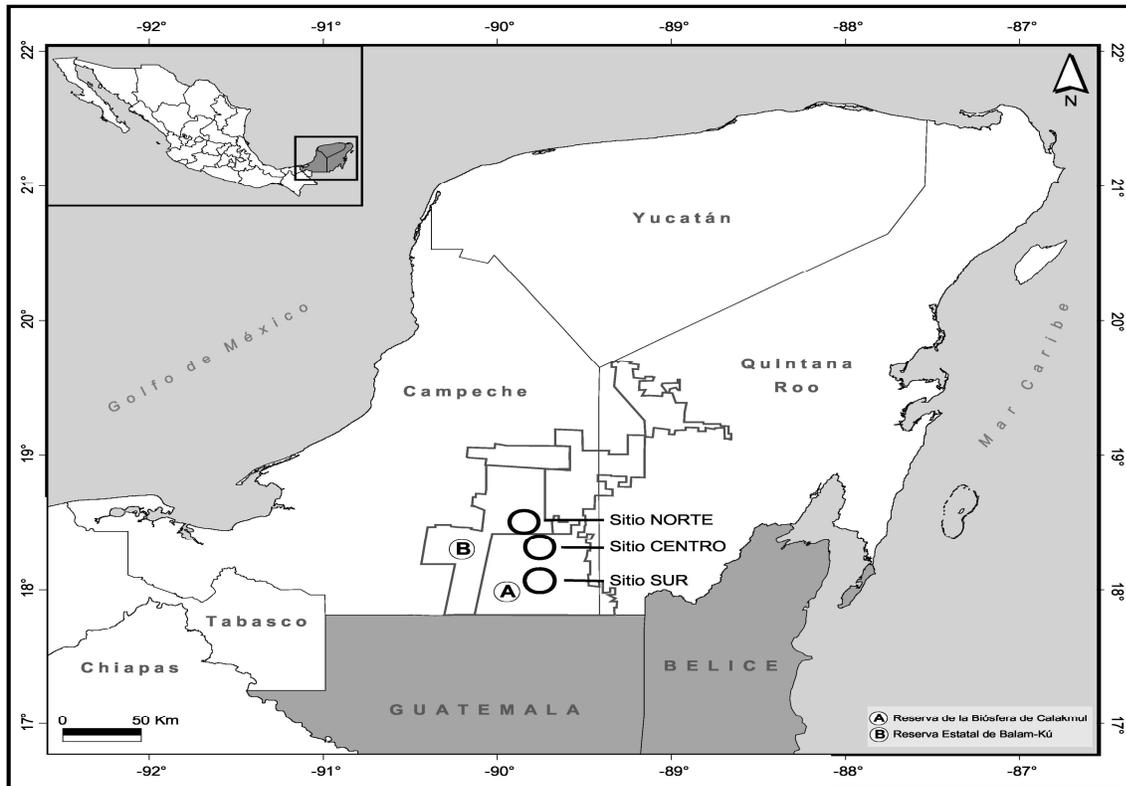


Figura 2. Sitios de estudio en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y la Reserva Estatal de Balam Kú, Campeche, México.

Materiales y metodos

El trabajo de campo se llevó a cabo durante cuatro meses (abril-julio, 2012), abarcando parte de la época de secas (abril-mayo) y el comienzo de lluvias (junio-julio). Se trabajó en tres sitios, dos ubicados en la RBC (sitio centro y sitio sur) y uno en la REBK (sitio norte) para abarcar así el gradiente de humedad que se presenta en la región (Gunn y Adams, 1981; Folan, et al., 1983; Fig. 2). En los meses previos al estudio, se realizaron salidas de entrenamiento a la zona de estudio y recorridos en transectos con guías



locales e investigadores expertos que proporcionaron información para la correcta identificación de los rastros del tapir, tipos de vegetación y métodos de muestreo.

Transectos

En cada uno de los tres sitios de estudio se establecieron cinco transectos lineales de 2 km cada uno (30 km en total), procurando que estuvieran lo más separados posible (3-5 km). Sin embargo, debido a la dificultad de abrir transectos y a la recomendación de la Dirección de la Reserva de no perturbar más el bosque, en la RBC se utilizaron algunos transectos ya establecidos para otros estudios que no respetaban esta separación. Los transectos fueron recorridos una vez al mes para obtener rastros del tapir (huellas) y hacer una caracterización del hábitat a través del porcentaje de frutos caídos, cobertura vegetal del sotobosque y tipos de vegetación.

Abundancia relativa de huellas

Para obtener el índice de abundancia relativa de huellas (IARh) de los tapires, se recorrieron los transectos cada 30 días, realizando una búsqueda exhaustiva de huellas que se encontraran hasta 1 m a cada lado de la línea central del transecto, las cuales fueron contabilizadas para obtener el número de huellas por km recorrido. Las huellas que se encontraban en conjunto o a una distancia menor a 50 m fueron tomadas como un solo individuo. Los rastros fueron borrados para evitar ser contados de nuevo en el siguiente recorrido.

El índice para estimar la abundancia relativa (IARh) consiste en dividir el número de rastros encontrados por km recorrido (Caughley, 1977):

$$\text{IARh} = \text{NH}/\text{km}$$



Donde IARh es el índice de abundancia relativa de las huellas de tapir, NH es el número de huellas observadas y km son los kilómetros recorridos.

Cámaras-trampa

En cada uno de los sitios se lograron ubicar tres aguadas para instalar las cámaras-trampa (nueve aguadas en total). Para facilitar el acceso a las aguadas y aumentar la probabilidad de encontrar rastros en los transectos, se procuró que las aguadas estuvieran cercanas a los transectos. También, se tomó en cuenta que hubiera acceso a ellas en la época de lluvias (a través del conocimiento de los pobladores y guías locales).

Se utilizaron tres modelos diferentes de cámaras: PC800 Hyperfire professional Reconix, Inc., Moultrie Game Spy I-65 y Cuddeback Capture IR digital scouting camera. En promedio fueron colocadas cuatro cámaras por sitio, para reducir el sesgo, cuando había una cámara de más en un sitio, se distribuyeron y rotaron mensualmente. Así mismo se revisaban en campo las fotografías y se realizaba una búsqueda de rastros alrededor de la aguada para reacomodar la cámara y maximizar las capturas. Las cámaras se mantuvieron funcionando continuamente y se revisaron cada 30 días para hacer cambio de tarjetas de memoria y baterías. El esfuerzo de muestreo a través del número de noches-trampa (NT, periodos de 24 horas en que las cámaras estuvieron activas) se calculó como el número de cámaras multiplicado por los días de muestreo (Dillon y Kelly, 2007).



Abundancia relativa de foto-capturas

Para evaluar la abundancia relativa del tapir centroamericano, se contó el número de fotografías independientes de tapir en cada aguada cada 24 horas (capturas por día; Apéndice 1). Todos los registros de tapir en un mismo día se tomaron como un solo individuo; únicamente se cuantificaron como más de un registro los casos en los que se pudieron diferenciar los organismos por alguna seña en particular (p. ej. sexo, edad, cicatrices, coloración). Se obtuvo el índice de abundancia relativa de foto-capturas (IARf) para la época de secas y lluvias, así como el IARf de cada uno de los sitios para el periodo total del estudio.

Los índices de abundancia de registros fotográficos se calcularon como el número de capturas fotográficas por día-trampa. La abundancia relativa se expresó de la siguiente manera (Seydack, 1984):

$$\text{IARf} = N/t/d$$

Donde N es el número de visitas independientes registradas por aguada, t es el número de cámaras y d es el número de días en los cuales las cámaras estuvieron activas.

Análisis estadísticos

Se obtuvo el IARh e IARf de cada uno de los sitios para el periodo total del estudio y para la época de secas y lluvias. Debido a la variación de los datos, se comprobó si se ajustaban a la distribución normal a través de una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Para saber si había diferencias significativas en el número de registros de tapir entre los sitios (IARh e IARf) y entre transectos y aguadas



dentro de cada sitio, se aplicaron pruebas de Kruskal-Wallis. Se aplicó una prueba de Mann-Whitney (Sokal & Rohlf 1981) para determinar las diferencias en las abundancias relativas entre cada par de sitios. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS para Windows Versión 8.0.

Caracterización del hábitat

Disponibilidad de alimento y agua

En cada uno de los transectos se realizó el conteo e identificación de los frutos que son conocidos por formar parte de la dieta del tapir (Naranjo, 1995; Cruz, 2001; O´Farril, et al., 2006; Pérez-Cortez y Pérez-Matus, 2010). Para ello, se identificaban los frutos que se encontraban en el transecto. Una vez que se verificaba la presencia del árbol de donde presuntamente provenían, se contabilizaban los frutos en 2 m² del suelo a un lado de dicho árbol. A partir de estos datos se obtuvo el porcentaje de frutos para cada uno de los sitios en la época de secas y lluvias.

Debido a que en esta región no se conocen todas las especies vegetales que forman parte de la dieta del tapir, se calculó únicamente el porcentaje de la cobertura vegetal del sotobosque en cada sitio. Para ello, se tomaron fotografías de la vegetación a un lado del transecto colocando la cámara a un metro de altura con el zoom desactivado (objetivo: 4 mm). La toma de fotografías se hizo una vez al mes, al inicio, a la mitad (1 km) y al final del transecto (2 km). Posteriormente, estas fotografías se colocaron en una plantilla con una cuadrícula de 10 x 10 y se contaron los cuadros ocupados por plantas. Con este método se obtuvo el porcentaje de la cobertura vegetal del sotobosque para cada sitio. Para determinar si existía una relación entre el



porcentaje de cobertura vegetal del sotobosque, el porcentaje de frutos y el IARh, se realizó una correlación de Spearman con la ayuda de la plataforma estadística R, versión 2.11.

Para registrar la presencia o falta de agua en aguadas, se tomaron fotografías cada 30 días en cada una de las aguadas, procurando tomarlas siempre desde el mismo punto. Se utilizó la correlación de Spearman para conocer la relación entre el IARf y la presencia-ausencia de agua, clasificando esta última variable como 0= sin agua, 1= poca agua, 2= llena (alcanzaba los límites visibles de la aguada o se desbordaba; Apéndice 2).

Hábitat disponible

La recopilación de los datos de vegetación se basó en la clasificación del Instituto Nacional de Ecología (1999; descrita previamente en la pag. 17 de esta tesis): 1) Selva alta subperennifolia, 2) Selva mediana subperennifolia, 3) Selva baja subperennifolia inundable, 4) Selva baja subperennifolia y 5) Selva baja caducifolia.

Para conocer la proporción del hábitat disponible se registro el tipo de vegetación predominante en un punto cada 100 m en cada uno de los transectos marcados. Igualmente, cada vez que se encontraba una huella de tapir se registraba el tipo de vegetación donde se encontraba la huella. Se contrastó la disponibilidad de cada tipo de vegetación que se obtuvo en los transectos, con el tipo de vegetación donde hubo registros de tapir a través de un análisis de Chi cuadrada, utilizando el número de huellas encontradas, se obtuvo la frecuencia observada, la frecuencia esperada y los



intervalos de Bonferroni para cada tipo de vegetación utilizada por la especie. Estos análisis se realizaron empleando el programa HABUSE 4.0 (Byers, et al.1984).

Modelo de distribución potencial

Para determinar la distribución potencial del tapir en la península de Yucatán se aplicó el modelo de máxima entropía (Maxent) de la distribución geográfica de las especies, propuesto y desarrollado por Phillips y colaboradores (2006). Este modelo proporciona conocimiento de los requerimientos ambientales de las especies y los factores que influyen su adaptación al ambiente (p. ej. tipo de clima, vegetación, altura o relieve).

Los resultados de este modelo permiten realizar una discriminación de áreas menos adecuadas para la especie y hacer una comparación entre regiones con la presencia de dicha especie. De esta manera se logra inferir qué características del ambiente dentro de un área determinada serán las adecuadas para su sobrevivencia (Phillips, et al., 2006).

Maxent trabaja con registros espaciales de presencia de la especie, una región geográfica de interés como el espacio donde la distribución será evaluada y variables ambientales para evaluar y determinar la distribución. La información de las variables ambientales de cada punto de presencia son extrapoladas al espacio geográfico deseado para determinar una distribución potencial en el área asignada. En el caso de este estudio, se obtuvieron registros georreferenciados de tapir en la península de Yucatán y como variables ambientales se utilizaron capas con información climática.



Para la obtención de registros de tapir centroamericano se realizó una búsqueda de datos de presencia del tapir en la península de Yucatán. Para ello, las siguientes fuentes fueron consultadas:

- Investigadores y personas especializadas en el tema, a los que se les solicitó datos de registros de tapir aún no publicados.

- Direcciones de áreas naturales protegidas en la península de Yucatán para solicitar datos de avistamientos y rastros de tapir.

- Colecciones científicas en la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y colecciones de instituciones académicas.

- Literatura especializada y literatura gris (tesis y publicaciones en talleres o congresos) en los que se reporta a la especie. Se extrajeron bases de datos de diversas investigaciones publicadas y no publicadas que han trabajado con tapir centroamericano en la región.

Para modelar la distribución potencial del tapir, solo se seleccionaron los datos que se obtuvieron en la península de Yucatán en los últimos 10 años (Apéndice 3). Se elaboró una base de datos con los registros obtenidos en las diversas fuentes consultadas y con los registros del trabajo de campo de esta investigación. Los registros fueron depurados y posicionados con la ayuda del programa Google Earth, versión 7.0. Para eliminar datos repetidos (el mismo registro proporcionado en dos fuentes diferentes), erróneos o georreferencias tomadas en zonas urbanas, lo que dio un total de 267 registros.



Las variables climáticas utilizadas fueron extraídas de Bioclim/WorldClim que proporcionan capas con información climática global (Hijmans, et al., 2005). Las variables bioclimáticas son derivadas de valores de temperatura y precipitación mensuales, con el objetivo de generar variables con mayor aplicación biológica. Estas variables se pueden presentar como tendencias anuales (p. ej. media de temperatura y precipitación anual), estacionales (p. ej. rango anual de temperatura y precipitación), y factores ambientales limitantes o extremos (p. ej. temperatura del mes más frío o más cálido o precipitación del trimestre más lluvioso y más seco). Bioclim proporciona datos ambientales en 19 capas de información, en este caso fueron utilizadas solo 11 capas (Cuadro 1) que se seleccionaron por tener un mayor aporte en la generación del modelo de acuerdo a la ejecución y análisis preliminares realizados para este estudio (Phillips, et al., 2006). Estas capas se proporcionan en formato raster a una resolución de pixel de 1 km².



Cuadro 1. Capas de información climática utilizadas para elaborar el modelo de distribución potencial del tapir centroamericano en la península de Yucatán, México. Ordenadas de acuerdo al aporte en la generación del modelo.

Clave	Descripción de la variable
Bio_13	Precipitación del mes más lluvioso (mm)
Bio_2	Media del rango diario (media del mes(max-temp-min temp))
Bio_8	Temperatura media del trimestre más lluvioso (° C)
Bio_19	Precipitación del trimestre mas frio (mm)
Bio_15	Coeficiente de variación de las precipitaciones estacionales
Bio_9	Temperatura media del trimestre más seco (° C)
Bio_6	Temperatura mínima del mes más frio (° C)
Bio_11	Temperatura media del trimestre más húmedo (° C)
Bio_5	Temperatura máxima del mes más caliente (° C)
Bio_16	Precipitación del trimestre más lluvioso (mm)
Bio_12	Precipitación anual (mm)

Los modelos desarrollados solo con información climática, como es el caso en este estudio, se les llama “modelos de envoltura climática”, los cuales delimitan áreas con características climáticas ideales para la especie bajo estudio, correlacionando los datos de presencia de la especie con las condiciones climáticas de los sitios de presencia (Watling, et al., 2012). Para contrastar la distribución potencial del tapir centroamericano de acuerdo a las variables climáticas y los principales tipos de vegetación (Selva alta, mediana, baja y asociaciones de vegetación hidrófila; March, 1994), se utilizó la carta de vegetación de la Comisión Nacional para el Uso de la



Biodiversidad (CONABIO, 1999) que muestra los principales tipos de vegetación presentes en la península de Yucatán. Esta carta fue contrastada con una imagen de cambio de uso de suelo hasta el año 2006 (Vaca, et al., 2012).

Resultados

Abundancia relativa de huellas

En total, fueron registradas 40 huellas de tapir en los tres sitios que abarcó el estudio. El esfuerzo de muestreo total fue de 120 km recorridos. La abundancia relativa total fue de 0.33 huellas/km para toda el área de estudio. La abundancia relativa de huellas en el sitio norte fue mayor que en el sitio centro y sur (norte: 17 huellas, centro: 10 huellas, sur: 13 huellas. Fig. 3). Sin embargo estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas ($H=0.783$; $P=0.676$) así como tampoco se encontraron diferencias al comparar todos los transectos sin agruparlos por sitio ($H=18.258$; $P=0.195$).

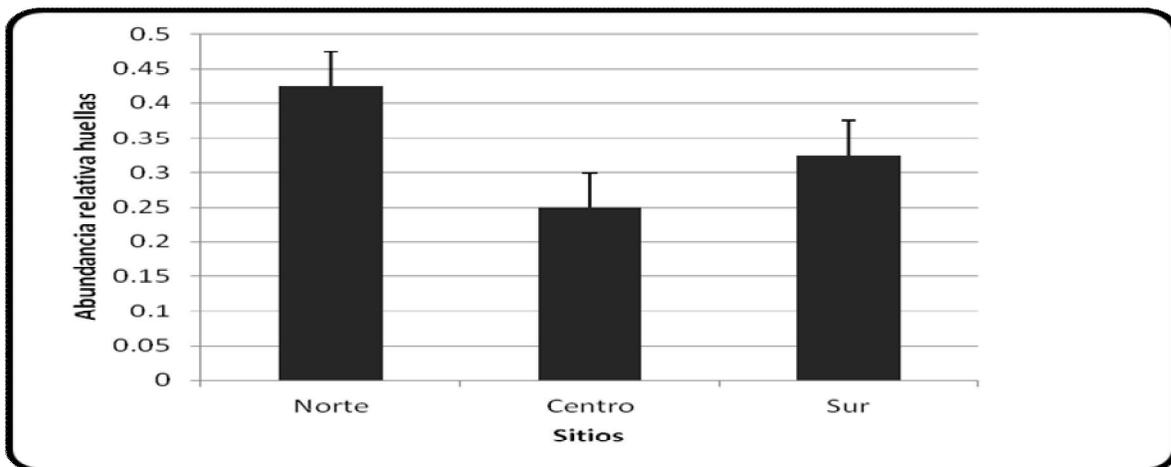


Figura 3. Índice de abundancia relativa de huellas de tapir centroamericano en tres sitios dentro de la Reserva Estatal de Balam Kú y Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México.



En la siguiente gráfica (Fig. 4) se pueden observar los datos de abundancia de huellas por transecto que se obtuvieron durante todo el estudio. El transecto que más huellas tuvo fue el número 15 en el sitio sur, mientras que los demás transectos de ese sitio tienen una baja tasa de registros. El sitio norte tuvo registros de huellas en todos los transectos durante el tiempo de estudio.

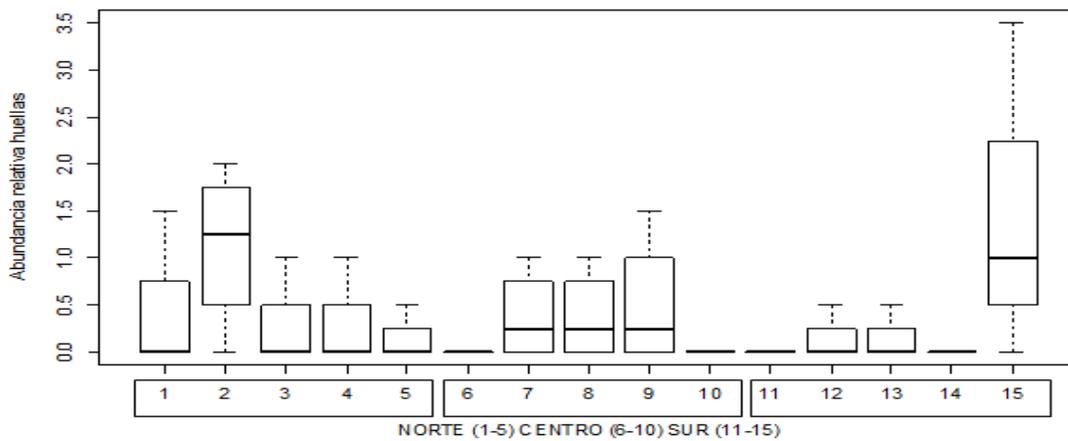


Figura 4. Abundancias relativas de huellas de tapir centroamericano en transectos dentro de la Reserva de la Biosfera de Calakmul y Reserva Estatal Balam Kú, Campeche, México.

En la época de secas y lluvias se registraron abundancias relativas de 0.27 y 0.40 huellas/km, respectivamente, para los tres sitios, aunque no existieron diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, al realizar el análisis para conocer las diferencias entre épocas en cada uno de los sitios, el sitio norte resultó con una diferencia significativa (*Mann-Whitney U* = 3.5; *P* = 0.05), debido a que en este sitio se registró el mayor número de huellas en la época de lluvias. El mes de julio fue cuando se registró un mayor número de huellas en los tres sitios (0.50 huellas/km).



Abundancia relativa de foto-capturas

Se obtuvo un esfuerzo de muestreo de 1464 noches-trampa (número de cámaras-trampa por días de muestreo). En total se obtuvieron 25 foto-capturas para los tres sitios. El sitio con mayor registros fotográficos de tapir fue el sur con 0.03 foto-capturas/días-trampa, seguido por el sitio norte con 0.01 y centro, 0.006. El tapir estuvo presente en ocho de las nueve aguadas en estudio (Fig. 5). La aguada que mayor cantidad de registros tuvo fue “Bonfil” en el sitio sur, con una abundancia de 0.05 foto-capturas/días-trampa, así mismo fue la única aguada en que se registró presencia de tapir durante todo el estudio

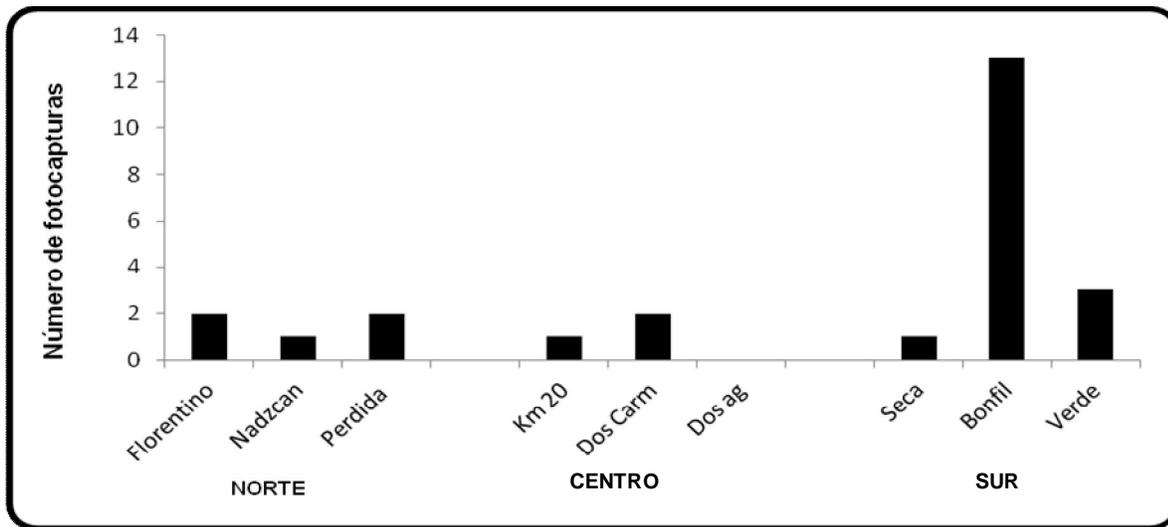


Figura 5. Foto-capturas de tapir centroamericano en nueve aguadas ubicadas en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y la Reserva Estatal de Balam-kú, Campeche, México.



No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de registros fotográficos entre los tres sitios ($H = 3.3$; $P = 0.187$) ni entre todas las aguadas sin separarlas por sitio ($H = 11$, $P = 0.20$).

En total, para todos los sitios en la época de secas se registro una IARf de 0.07 foto-capturas/días-trampa y para lluvias fue de 0.02. Las aguadas del sitio centro fueron las que mayor cantidad de agua mantuvieron durante todo el estudio y el mes de julio fue el mes en el que la mayoría de las aguadas se mantuvieron llenas. No hubo una relación significativa entre la presencia-ausencia de agua y el número de foto-capturas ($r_s = -0.27$; $P = 0.10$).

Caracterización del hábitat

Cobertura vegetal del sotobosque

En los cuatro meses de estudio, la cobertura herbácea fue muy parecida en los sitios centro y sur, con 41.9% y 41.3% respectivamente, mientras que en el sitio norte se registró una menor cantidad de plantas en el sotobosque con 16.6%. En los tres sitios, el registro en secas fue de 48.3% y en lluvias 51.6%. El sitio norte fue el que obtuvo un menor porcentaje de cobertura herbácea en ambas épocas, mientras que los otros dos sitios fueron muy semejantes entre épocas, con una ligera tendencia a una menor densidad de herbáceas en secas (Fig. 6). La correlación de Spearman no muestra una relación significativa entre el porcentaje de cobertura vegetal del sotobosque y el Índice de abundancia relativa de huellas ($r_s = -0.096$; $P = 0.46$).



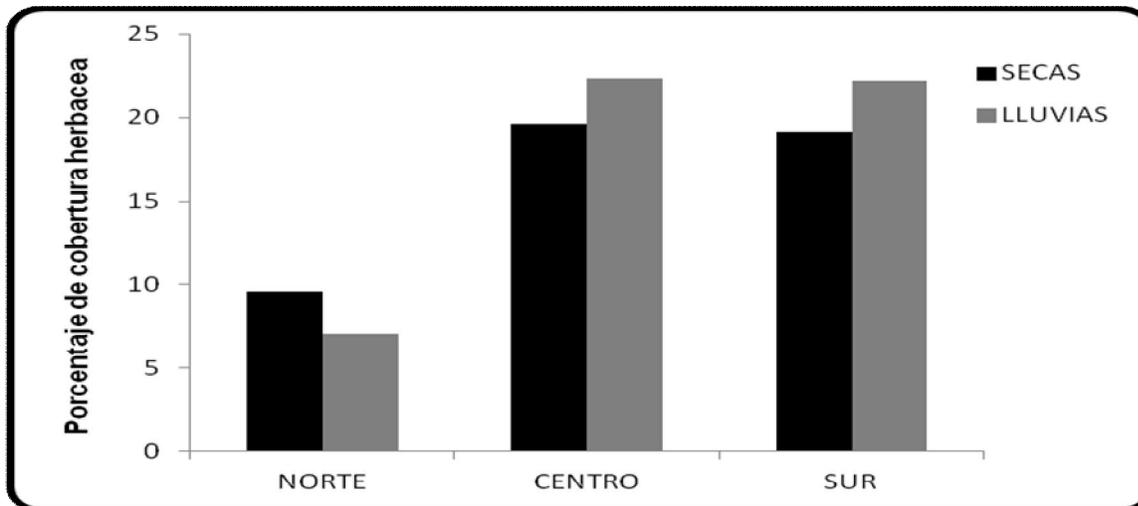


Figura 6. Porcentaje de cobertura vegetal del sotobosque durante secas y lluvias en tres sitios de la Reserva de la Biosfera Calakmul y la Reserva estatal de Balam Kú Campeche, México.

Porcentaje de frutos

En total, fueron registradas 21 especies vegetales con frutos en el área de estudio, de las cuales ocho han sido reportadas como parte de la dieta del tapir (Cruz, 2001; Foerster, 2002; Tobler, et al., 2006; Naranjo, 2009; Pérez y Matus, 2010). Tres de estas especies (*Manilkara zapota*, *Vitex gaumeri* y *Coccoloba barbadensis*) representaron el 87% del total de total de especies encontradas (Cuadro 2). De las especies reportadas en la dieta del tapir, solo *M. zapota* estuvo presente en todos los sitios durante los meses que duró el muestreo (abril-julio).



Cuadro 2. Porcentaje de presencia de frutos conocidos en la dieta del tapir, encontrados en la Reserva de la Biosfera Calakmul, y la Reserva Estatal de Balam Kú. Campeche, México.

Familia	Especie	Nombre común	Porcentaje
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote	40.0%
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>	Uvero	32.0%
Verbenaceae	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'axnik	15.8%
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	2.0%
Sterculiaceae	<i>Guazima ulmifolia</i>	Pixoy	1.5%
Boraginaceae	<i>Cordia dodecandra</i>	Ciricote	0.5%
Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	Ciruelo	0.4%
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	Mora	0.1%

El sitio con menos abundancia de frutos encontrados fue el norte con 17.7% de frutos, seguido por el centro con 26.5% y sur con 55.7%. El 18.8% de los frutos fueron registrados en la época de secas (abril-mayo) y el 81.2% en la época de lluvias (junio-julio; Fig. 7). El mes de junio fue en el que se reportó la mayor abundancia de frutos con 67%. La correlación de Spearman no mostró una relación significativa entre el porcentaje de frutos y el Índice de abundancia relativa de huellas ($r_s = .049$; $P = 0.71$).



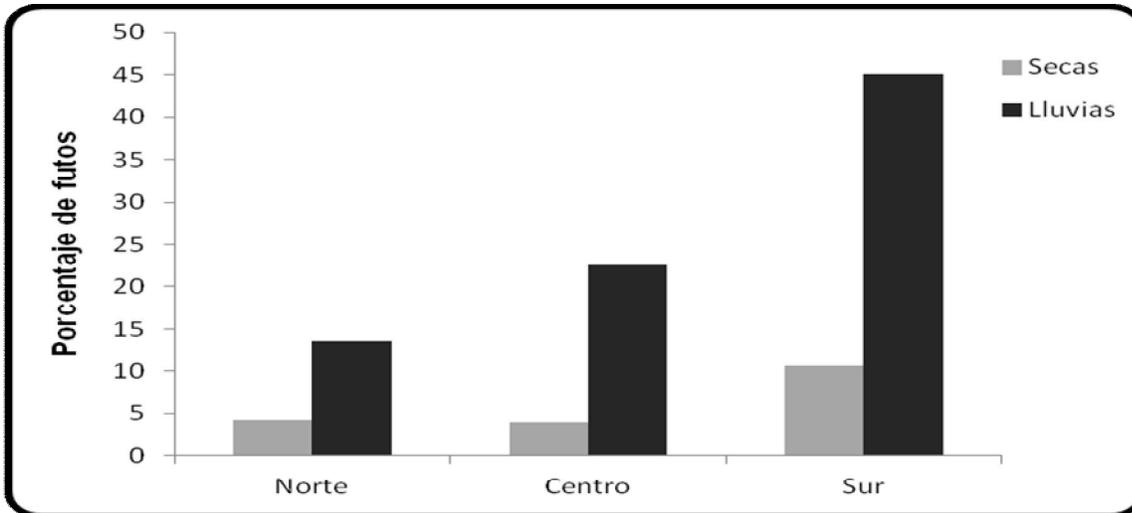


Figura 7. Porcentaje de frutos encontrados en la época de secas y en la época de lluvias, en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y en la Reserva Estatal de Balam Kú, Campeche, México.

Hábitat disponible

En los tres sitios de estudio, la selva mediana fue el tipo de vegetación dominante, representando 51% en el norte, 39% en el centro y 89% en el sur. En los tres sitios se encontraron selvas bajas subcaducifolias, siendo más frecuente en el sitio norte. El sitio norte fue el único sitio en el que se encontraron selvas caducifolias y en el sitio sur no fueron registrados bajos inundables. La selva alta fue el tipo de vegetación con menos representación en el área de estudio (Fig. 8).



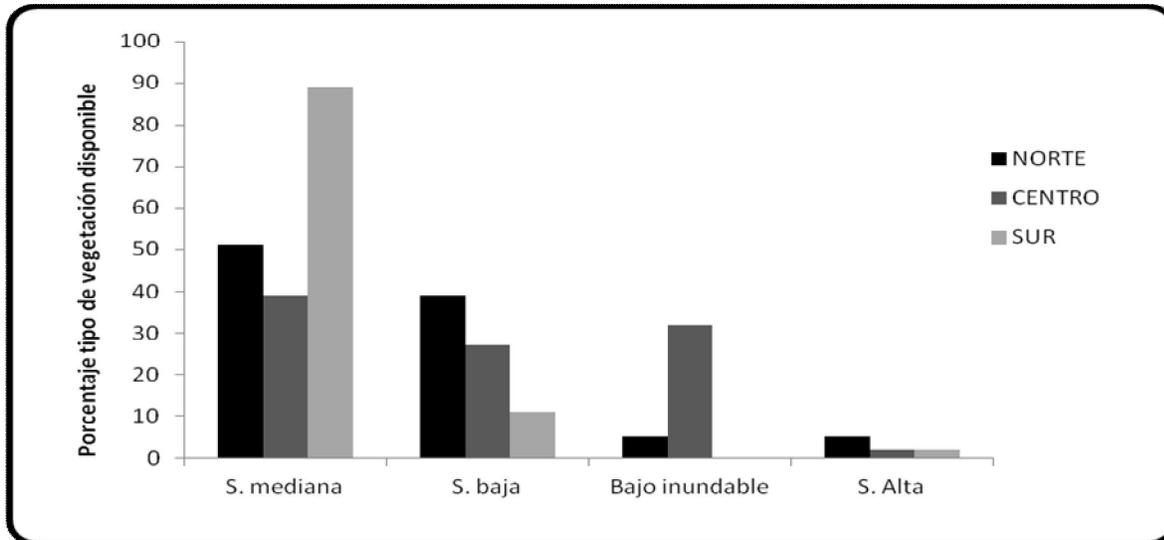


Figura 8. Porcentaje del tipo de vegetación disponible para tapir en la Reserva de Calakmul y la Reserva de Balam-kú, Campeche, México.

Preferencias de habitat

La vegetación predominante en cada punto donde se encontró una huella de tapir fue la selva mediana. De un total de 40 huellas, 28 huellas fueron registradas en este tipo de vegetación, seis en selva baja inundable, cinco en selva baja subcaducifolia, una en selva baja caducifolia y ninguna en la selva alta. Aun cuando se registró un mayor número de huellas en la selva mediana, el análisis de Chi cuadrada determinó que no hubo diferencias significativas entre el uso que el tapir hace de cada tipo de vegetación y que usa los diferentes tipos de vegetación de acuerdo con su disponibilidad ($N = 40$; $\chi^2 = 3.52$; $P = 0.47$; Cuadro3).



Cuadro 3. Preferencia de habitat del tapir centroamericano en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y la Reserva Estatal de Balam Kú, Campeche, México.

Tipo de vegetación	Número de observaciones (huellas)	Número esperado	χ^2
Selva mediana	28	23.6	$p = 0.47$
Selva baja inundable	6	4.8	
Selva baja subcaducifolia	5	8.4	
Selva baja caducifolia	1	1.6	
Selva alta	0	0.80	

Modelo de distribución potencial

Adicionalmente a la depuración hecha en Google Earth, en la plataforma de Maxent se eligió la opción “remove registros de presencia duplicados”, función que remueve los registros que se encuentran en la misma celda o pixel. Los registros resultantes se nombraron “datos de entrenamiento”. Para evaluar la ejecución del modelo, se eligió la opción “porcentaje de prueba al azar”, con la que se separa un porcentaje de datos para crear un modelo paralelo de validación. Para esto, se eligió un 25% de datos de prueba tomados al azar, los cuales se referirán como “datos de validación”.



Después de la depuración de datos duplicados realizada por Maxent, se utilizaron un total de 150 registros como “datos de entrenamiento” y 49 para evaluar la ejecución del modelo “datos de validación”.

La sensibilidad del modelo se determinó usando la información de las curvas ROC (Receiver Operating Characteristic). El AUC (Area Under the Curve) permite comparar la ejecución del modelo con los datos de entrenamiento y validación. Un valor de AUC de 0.5 indica que la ejecución del modelo no es mejor que el azar, mientras que valores cercanos a 1 indican un mejor rendimiento del modelo. Se obtuvo un valor AUC de 0.939 para los datos de entrenamiento y 0.913 para los datos de validación con lo que el modelo se consideró satisfactorio (Fig. 9).

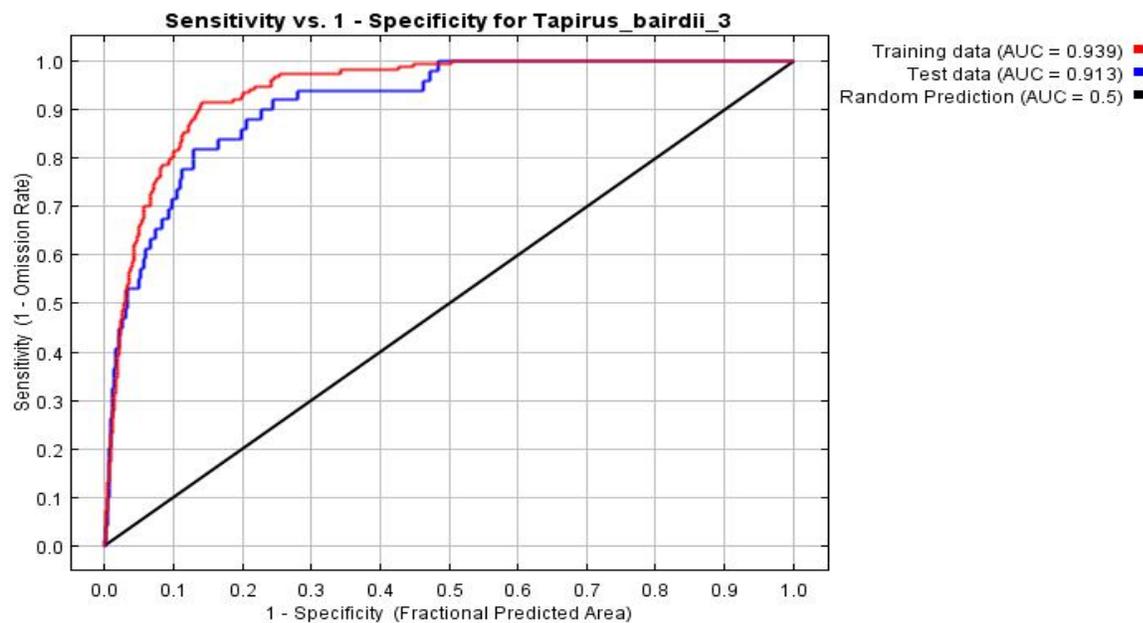


Figura 9. Curvas ROC de la sensibilidad del modelo de máxima entropía generado para la distribución del tapir centroamericano en la península de Yucatán, México. Valores de AUC cercanos a 1 indican el mejor rendimiento del modelo.



La línea roja muestra el ajuste del modelo a los datos de entrenamiento y la línea azul el ajuste a los datos de validación. La línea de color negro es lo que se esperaría si el modelo no fuese mejor que el azar.

De acuerdo a Maxent, las principales variables ambientales para predecir la presencia del tapir centroamericano son: la temperatura media del trimestre más lluvioso, la precipitación del mes más lluvioso, el rango de temperatura media diurna (media mensual (max temp-min temp)), temperatura media del trimestre más seco, precipitación del trimestre más lluvioso y temperatura mínima del mes más frío. Estas variables contribuyen en casi un 89% para predecir la presencia de la especie (Cuadro 4).

Se realizó un análisis de Jackknife, el cual excluye una variable en cada iteración y crea un modelo con las variables remanentes, así mismo crea un modelo usando cada variable de manera aislada. De acuerdo a esta prueba, la variable que contribuye con una mayor ganancia en la generación del modelo por si sola es la temperatura media del trimestre más lluvioso. Las variables de la precipitación del mes más lluvioso y la temperatura media del trimestre más seco, resultaron ser variables irremplazables, ya que al ser eliminadas contribuyen a que el mayor ajuste del modelo se pierda (Fig. 10).



Cuadro 4. Estimado de contribución de las variables ambientales para elaborar el modelo de distribución potencial del tapir centroamericano en la Península de Yucatán, México.

Variable	% de contribución
Temperatura media del trimestre más lluvioso (° C) (bio_8)	23.1%
Precipitación del mes más lluvioso (mm) (bio_13)	18.1%
Media del rango diario (media del mes(max-temp-min temp)) (bio_2)	17%
Temperatura media del trimestre más seco (° C) (bio_9)	11.9%
Precipitación del trimestre más lluvioso (mm) (bio_16)	10.7%
Temperatura mínima del mes más frío (° C) (bio_6)	7.7%

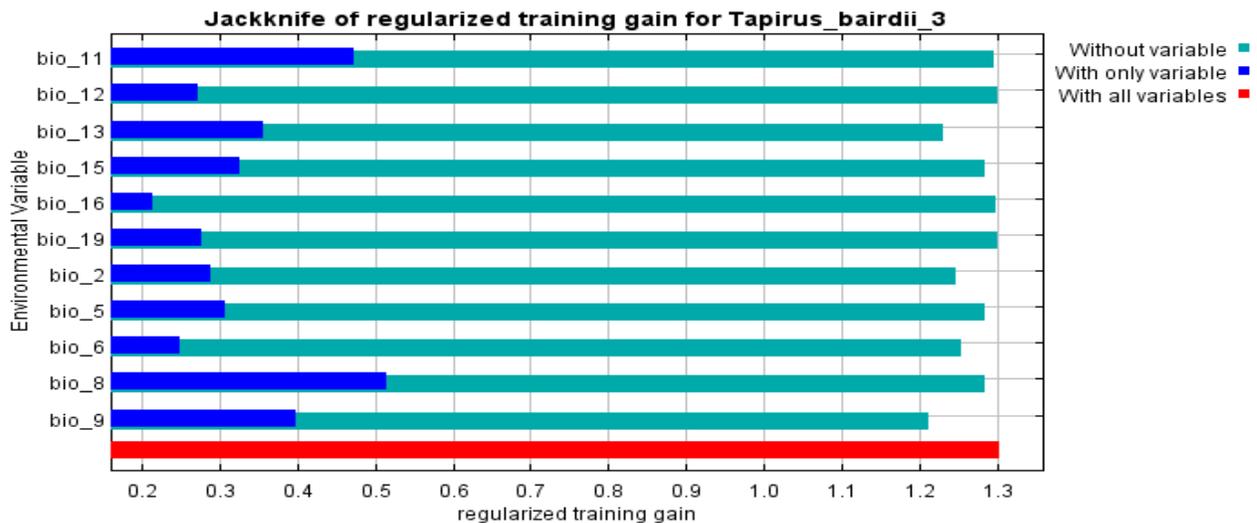


Figura 10. Importancia de cada variable climática en el modelo de distribución potencial, de acuerdo con la prueba de Jackknife. La línea roja representa la ganancia del modelo utilizando todas las variables, las líneas azules muestran la ganancia del modelo utilizando cada variable de manera aislada y las líneas turquesas representan la ganancia del modelo cuando se excluye cada variable.



Combinando los resultados de las variables con mayor porcentaje en la distribución del tapir y los resultados del análisis de Jackknife, se puede predecir que las principales variables climáticas que delimitan la presencia del tapir en la península de Yucatán son la temperatura media del trimestre más lluvioso del año, la precipitación del mes más lluvioso del año y la temperatura del trimestre más seco.

Maxent proporciona curvas de respuesta que muestran la idoneidad predicha por el modelo, tanto para la variable seleccionada, como la idoneidad inducida por la correlación entre la variable seleccionada y las otras variables del modelo (Apéndice 4). La curva de respuesta de la variable temperatura media del trimestre más lluvioso indica que en los lugares donde hay presencia del tapir, la temperatura en los meses más lluviosos del año no excede los 28° C (Fig. 13). Para la variable precipitación del mes más lluvioso, la mayor probabilidad de presencia de tapir, se da en zonas donde la precipitación mensual se encuentra entre 200 a 250 mm de precipitación (Fig. 14). Para la temperatura del trimestre más seco, la mayor probabilidad de presencia de tapir ocurre en lugares donde la temperatura se encuentre entre los 24 a 27° C (Fig. 15).

Mapa de distribución potencial

Maxent elabora un mapa en formato raster con valores de 0 a 1 representando la idoneidad del hábitat. En este caso, las condiciones más adecuadas para la presencia del tapir se encuentran por arriba del umbral 0.37 y las menos adecuadas por debajo de él (0.37 es el valor mínimo de idoneidad para un registro; Fig. 11). Se realizó un polígono alrededor del área de los registros de tapir para conocer el área de distribución del tapir en la península, y un polígono abarcando toda la región donde el modelo



predice distribución potencial media/alta (colores turquesas fuertes y rojos). El área de distribución conocida del tapir centroamericano es de 1, 415,225 ha. Mientras el área de distribución potencial predicha por Maxent en este escenario abarca más del doble de la distribución conocida con 3, 412,846 ha.

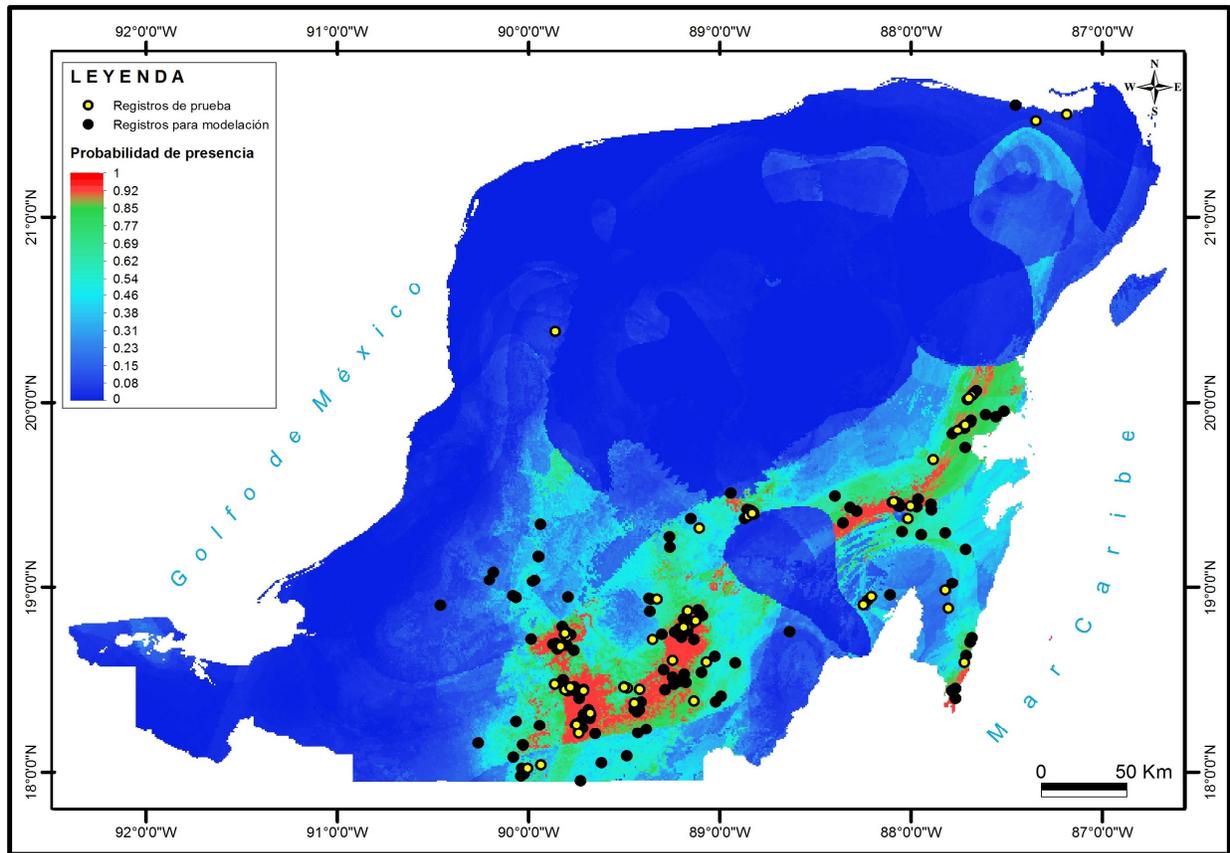


Figura 11. Mapa de distribución potencial de *Tapirus bairdii* en la Península de Yucatán generado por el Modelo de Máxima Entropía. El color rojo representa las áreas con mayor probabilidad de distribución y el color azul las zonas de baja o nula probabilidad. Los puntos negros representan los “datos de entrenamiento” y los amarillos los “datos de validación”.

El mapa de vegetación (Fig. 12) muestra que la distribución del tapir centroamericano en la península de Yucatán se da en su mayoría en zonas con



presencia de selva mediana, baja, manglar y vegetación acuática, son muy pocos los registros en zonas dominadas por la agricultura. La cantidad de registros que se pueden distinguir en cada tipo de vegetación son: dos registros en la selva alta, 47 en selva mediana, 36 en selva baja, 10 en manglar, siete en vegetación acuática, y dos en uso agrícola. Si se compara este mapa con el mapa de distribución potencial generado por Maxent se puede observar como el área predicha por Maxent se encuentra en áreas con vegetación apta para la especie. La parte norte de Quintana Roo tiene en su mayoría vegetación apta para la presencia de tapir, sin embargo no se cuenta con registros de tapir en esa zona.

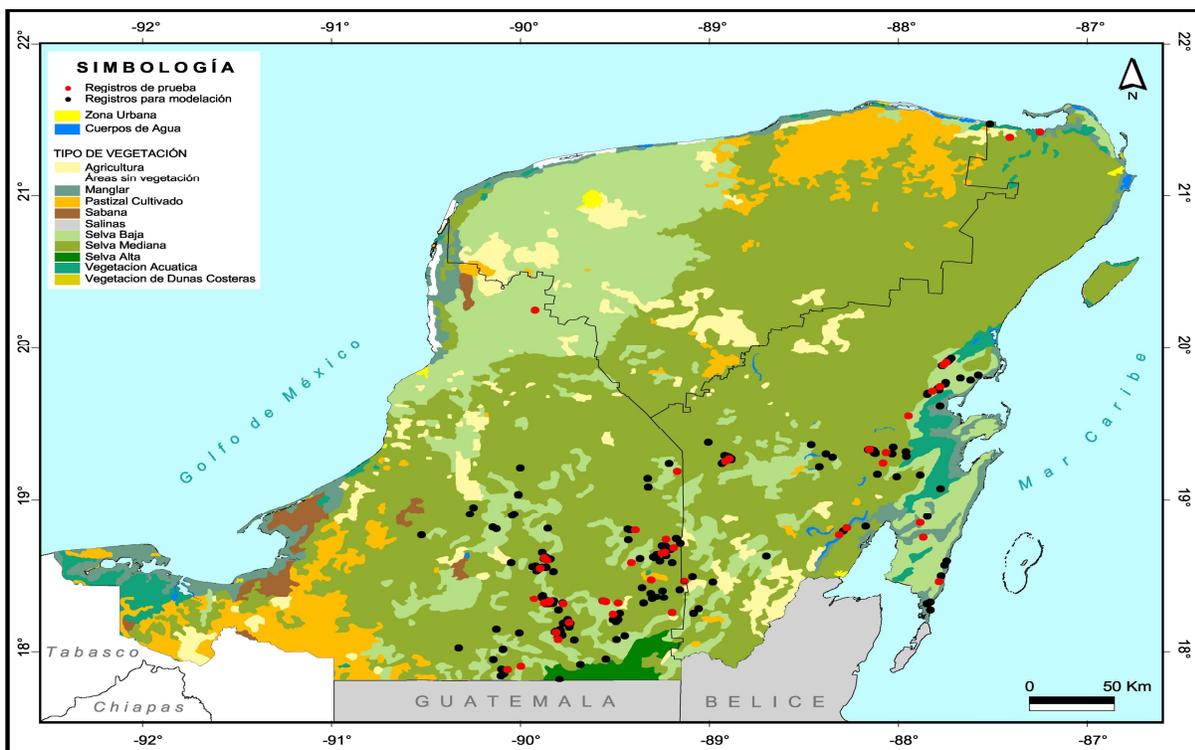


Figura 12. Mapa de vegetación de la Península de Yucatán, México. Los puntos marcados muestran registros de presencia de tapir centroamericano. Los negros son los registros utilizados para generar el modelo de distribución potencial y los rojos son los datos para probar el modelo.



La imagen de deforestación en la península de Yucatán para el año 2006, generada por Vaca y colaboradores (2012; Apéndice 5), muestra que la mayoría de los registros de tapir se limitan a las áreas donde aún queda vegetación en buen estado de conservación. Sin embargo, se muestran zonas con presencia de tapir y zonas de distribución potencial, donde la vegetación se encuentra reducida, lo que a la larga puede derivar en parches de selva aislados y tener un efecto en la distribución de la especie.

Discusión

La abundancia relativa de tapir reportada en este estudio (0.33 huellas/km) resultó mucho menor a la reportada por Pérez-Cortez (2011: 1.48 huellas/km). La diferencia entre abundancias se debe a las características espaciales de cada estudio, ya que uno de los objetivos de Pérez-Cortez (2011), era estimar el uso que dan los tapires a las aguadas en diferentes épocas del año, por lo que los transectos para la búsqueda de huellas partían directamente de las aguadas aumentando así la posibilidad de encontrar un mayor número de rastros de tapir. Otros dos estudios realizados en la RBC reportaron abundancias relativas de tapir más bajas que las reportadas en la presente investigación (Martínez-Kú, et al. 2005; Reyna-Hurtado y Tanner, 2007). Al igual que Pérez-Cortez (2011), estos últimos autores reportan mayor número de rastros de tapir cerca de aguadas.

Algunos estudios en México han reportado índices de abundancia más altos que los reportados en esta investigación (Cruz, 2001; Lira et al., 2004; Naranjo y Bodmer, 2007; Chávez, et al., 2011) esto se puede deber a que un bosque continuo y extenso



como el gran macizo forestal que forman la REBK, la RBC y la Selva Maya en Guatemala, puede dificultar la localización de los animales, por lo que los registros de rastros o individuos pueden llegar a ser menores que en otras áreas más pequeñas. Además se debe tener en cuenta las características espaciales y temporales en cada estudio ya que estas influyen los índices de abundancia relativa.

Los resultados de esta investigación reflejan que el sitio norte fue un sitio con menor disponibilidad de recursos alimenticios (frutos, cobertura vegetal en el sotobosque) y una mayor proporción de selvas secas. Sin embargo, los resultados no muestran diferencias significativas en los IARh entre los tres sitios de estudio, lo que sugiere que el sitio norte no presentó factores muy limitantes para la especie durante el estudio. A pesar que el transecto número 15 en el sitio sur (Fig. 4) tiene el mayor número de huellas registradas, los demás transectos de este sitio tuvieron un registro bajo, lo que tiene un efecto en las abundancias relativas de este sitio dejando al sitio norte como el sitio con mayor abundancia de huellas. En particular el transecto número 15 se encuentra muy cercano a una aguada lo que confirma la presencia de tapir en sitios cercanos al agua.

Aunque no hubo una diferencia significativa en el número de huellas entre la época de secas y de lluvias, en la época de lluvias se registró una mayor cantidad de huellas para todo el estudio y en el sitio norte se encontró una diferencia significativa para esta época, ya que fue registrado el mayor número de huellas de tapir. Esta diferencia se puede deber a que los tapires tienen mayor disponibilidad de alimento y agua en todo el territorio en esta época, por lo que su desplazamiento no está



restringido cerca de los cuerpos de agua remanentes o de parches de vegetación con alimento, como en la época de secas.

En México, solo dos estudios más han reportado abundancias fotográficas de tapir, uno de ellos en la RBC, el cual fue un trabajo conjunto que se llevo a cabo durante tres años (Reyna-Hurtado, et al., 2010; Pérez-Cortes, 2010) reportó abundancias relativas más altas que las reportadas en esta investigación. El segundo, en el Área de Protección de Flora y Fauna Balam Ka'ax en Q. Roo, donde se reportaron abundancias relativas más bajas, debido a que esta investigación tuvo un menor número de días-trampa (23 días-trampa; Pérez-Cortes y Matus-Pérez, 2010).

Los resultados del presente estudio muestran que el IARf no fue diferencial entre sitios; aunque la aguada "Bonfil" (sitio sur) obtuvo la mayor abundancia de fotografías. Igualmente, en el estudio realizado por Pronatura y Pérez-Cortés (2010), se reporta una mayor cantidad de registros fotográficos para esta aguada. Esta aguada se caracteriza por ser "perenne", es decir, que mantiene agua durante todo el año. Se encuentra a escasos 20 m de la carretera que lleva hacia las ruinas mayas de la RBC y es visitada constantemente por turistas (obs. personal). A pesar de que es una aguada con cierto grado de perturbación, los tapires siguen accediendo a ella, quizá por ser un sitio seguro donde encontrar una fuente de agua permanente y a que los hábitos nocturnos del tapir impiden el encuentro con turistas. Sin embargo, a largo plazo, la presencia humana constante podría afectar las visitas de los tapires a esta aguada.

En este estudio se pudieron obtener videos de los tapires ramoneando en la vegetación hidrófila, indicando que la presencia del animal en la aguada puede no solo



deberse a la presencia de agua en aguadas, sino que también pueden llegar a ser fuente de alimento. Igualmente, el efecto de borde que se presenta en estos cuerpos de agua, ocasiona la presencia de muchas herbáceas alrededor de las aguadas. 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).

Existe una marcada diferencia en la cantidad de recursos alimenticios entre ambas reservas. La RBC fue el sitio con mayor cantidad de frutos encontrados en el suelo y mayor cobertura vegetal del sotobosque, en especial la parte sur de la zona de estudio. Por su parte, la REBK tuvo un menor porcentaje de frutos y menor cobertura vegetal del sotobosque.

De los frutos encontrados disponibles y que forman parte de la dieta del tapir, *M. zapota* fue el único que estuvo presente en los 3 sitios durante los 4 meses de estudio. Los resultados de O'Farrill y colaboradores (2006) dan una aproximación de la importancia de este fruto en la dieta del tapir, ya que estos autores encontraron que de 85 muestras de excretas de tapir colectadas, 36.5% contenían semillas y plántulas de zapote. Al ser un recurso presente en toda el área de estudio y en ambas épocas (secas-lluvias), el zapote podría tener un papel importante en la sobrevivencia del tapir, sobre todo en las zonas secas donde los demás recursos pueden ser escasos.

Los resultados de este estudio muestran que la disponibilidad de frutos disminuye en la época de secas, resultados similares a lo encontrado por Reyna-Hurtado y colaboradores (2009). La disminución de frutos podría causar un estrés en



los tapires, ya que el consumo de frutos puede aportar una cantidad importante de calorías para los ungulados (Naranjo, 2009) tomando en cuenta además que el consumo de frutos del tapir centroamericano puede llegar a ser de 18% (Naranjo, 1995). Por otro lado, la cobertura vegetal en el sotobosque, de la cual el tapir se llega a alimentar hasta en un 90% (Naranjo, 1995), no se diferencia mucho entre ambas épocas. Por lo que la búsqueda y disponibilidad de frutos y agua son factores que podrían estar influenciando los movimientos de los tapires dentro de las reservas.

García-Gil y colaboradores (2002) reportan que aunque el promedio de la superficie de las aguadas del sur de la reserva es seis veces mayor a las aguadas del norte, el número de aguadas del norte duplica a las del sur. Se puede sugerir entonces que a pesar de que la cantidad de recursos alimenticios es menor en la REBK que en la RBC, esta zona es importante también para la persistencia de la población de tapires en la península de Yucatán, ya que cuenta con los recursos necesarios para la sobrevivencia de este mamífero.

En los sitios bajo estudio, el tapir no mostró preferencias por algún tipo de hábitat en particular, ya que está usando todos los tipos de vegetación de acuerdo con su disponibilidad. Estudios previos en la RBC y en la selva Lacandona en Chiapas reportan resultados similares (Naranjo, 2001; Reyna-Hurtado y Tanner, 2005; Sánchez-Núñez, et al., 2011), lo que sugiere que los tapires pueden ser generalistas en el uso de hábitat. Aunque los datos de este estudio no permiten determinar si la presencia de tapir en los diferentes tipos de hábitat es para alimentarse o para desplazarse, muestran la importancia de los diferentes tipos de vegetación para la especie.



En el Parque Nacional Corcovado en Costa Rica, Foerster y Vaughan (2002) encuentran diferencias en el uso de hábitat del tapir y muestran que el bosque secundario y la vegetación herbácea son más usados que lo esperado, igualmente, registran un mayor uso del bosque primario en lluvias, debido a que el tapir encuentra una mayor cantidad de frutos. Diversos estudios indican que el tapir hace uso de cualquier tipo de vegetación donde pueda encontrar alimento, siempre y cuando no sean zonas con mucha presencia humana (Naranjo y Cruz, 1998; Muench, 2001; Lira, et al., 2004;). Para la RBC, Reyna-Hurtado y Tanner (2005) concluyen que cuando al tapir no se le caza se le encuentra incluso en zonas perturbadas. Estos datos son similares a lo reportado en esta investigación, donde los resultados sugieren que el tapir se mueve a través del bosque continuo utilizando de igual manera todos los tipos de vegetación.

Las reservas de Calakmul y Balam Kú tienen vegetación en buen estado de conservación y de forma continua, la cacería en la RBC es casi nula (Reyna-Hurtado et al. 2010) y este estudio demuestra que hay disponibilidad de alimento y agua en ambas reservas. Estos factores pueden ser una razón de por qué el tapir se desplaza por toda el área en busca de zonas de alimentación o de cuerpos de agua, sin tener que limitar sus recorridos a ciertos tipos de hábitat.

Distribución potencial de tapir en la península de Yucatán

El modelo generado por Maxent puede resultar una herramienta útil para proponer nuevos sitios de investigación de la especie, así como para generar programas de manejo y protección de nuevas áreas de distribución y delimitar la presencia de



corredores naturales, considerando las características climáticas ideales para la presencia de la especie.

La influencia de la variable precipitación del mes más lluvioso, en la presencia del tapir, se puede deber a que una mayor cantidad de lluvia asegura una mayor producción vegetal y una mayor disponibilidad de agua. La respuesta a esta variable confirma además, la necesidad que tiene este mamífero de habitar en zonas donde se asegure una cantidad de agua suficiente para su mantenimiento.

Las variables de la temperatura del trimestre más lluvioso (julio-octubre: CONAGUA) y la precipitación del mes más lluvioso (agosto-octubre; CONAGUA; Mardero et al., 2012), pueden estar correlacionadas de manera que la mayor probabilidad de encontrar tapires en la península de Yucatán se da en lugares donde llueve mucho y las temperaturas no son muy altas. De acuerdo al mapa de distribución potencial el área norte de la península de Yucatán, no cuenta con la presencia del tapir, lo cual puede estar relacionado con el efecto del gradiente de humedad presente en la península.

La variable temperatura del trimestre más seco del año indica que el tapir se distribuye en zonas entre 24 - 27° C en los meses más secos (febrero-mayo; Mardero, 2012). A partir de esta temperatura desciende la probabilidad de presencia del tapir, por lo que se puede inferir que los tapires habitan preferentemente en zonas donde en los periodos más secos del año las temperaturas no sean muy altas.

Similares resultados encuentra Nolasco (2009), quien realizó un modelo para conocer la distribución actual e histórica del tapir y señala que la variable ambiental que



obtuvo un mayor porcentaje en la determinación de la presencia del tapir fue la precipitación anual.

Según el tipo de vegetación, la mayor parte de la península de Yucatán es apta para contar con la presencia de tapir debido a la presencia de selvas. Incluso se ha registrado presencia de tapir en zonas de cultivos y pastizales (Nolasco, 2009), lo que sugiere que mientras existan selvas en buen estado de conservación adyacentes a estas zonas de cultivo, el tapir puede seguirse distribuyendo en los alrededores de estas áreas deforestadas. Sin embargo, conociendo la influencia de variables climáticas en la presencia de tapir se puede hacer una delimitación más certera de áreas con probabilidad de presencia.

Dos zonas de distribución potencial sugeridas por Maxent, y donde aún no se cuenta con registros de la especie, son el centro del estado de Campeche (entre los poblados de Yohaltun, Pich y Dzibalchen) y la parte este del estado de Quintana Roo (entre Santa Rosa, Felipe Carrillo Puerto, Petcacab y Limones). Estos datos indican sitios donde es necesario llevar a cabo estudios para verificar la presencia y en su caso, la abundancia de tapires. Estos resultados coinciden con los resultados de Nolasco (2009), quien priorizó cuatro áreas de distribución en el país, entre ellas la RBC y áreas adyacentes y la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y áreas adyacentes. La franja costera Majahual-Xcalak es otra zona que Maxent delimita como una zona con alta idoneidad de hábitat. En esta región si se cuenta con registros de la especie, sin embargo, estos corresponden solamente a datos sobre animales atropellados o avistamientos realizados por pobladores e investigadores (com. pers. Jorge Gomez,



2013). En el mapa de distribución potencial es posible ubicar zonas con características aptas para crear corredores biológicos climáticos, como es el caso de la franja que muestra características climáticas aptas para el tapir, al sureste de la ciudad de Chetumal y el cauce del Río Hondo en la frontera con Belice.

Vaca y colaboradores (2012) indican que la deforestación en el sureste de México ha sido acelerada entre 1999 a 2006. El mapa de distribución potencial y el de vegetación muestran áreas aptas para la presencia del tapir; sin embargo, hay que tomar en cuenta la desaparición de selvas para dar paso a zonas de cultivo lo que afectará sin lugar a dudas la presencia de la especie en esas áreas. Por ejemplo, en la zona fronteriza con Belice, junto al cauce del Río Hondo y siguiendo hacia el oeste por los poblados de Kohunlich y Nicolás Bravo, han desaparecido grandes zonas de vegetación. Igualmente, al oeste del estado de Campeche, se han perdido grandes áreas de vegetación en zonas donde aún se registra la presencia de tapir. Es importante tener conocimiento del cambio de uso de suelo en las áreas donde aún se distribuye el tapir para poder llevar a cabo planes de manejo y conservación de estas zonas.

Conclusiones

Esta investigación sugiere que, en el área de estudio, el tapir centroamericano puede ser una especie generalista en cuanto al uso que hace de la vegetación; sin embargo, son necesarios más estudios y durante periodos de tiempo más largos para ampliar el conocimiento acerca del uso de hábitat del tapir en esta región. La similitud de registros de tapir en la parte norte (Reserva Estatal Balam Kú), con los registros en la parte sur



(Reserva de la Biosfera Calakmul) puede ser un indicador de que la zona norte, es un área apta para la presencia de la especie, aunque los resultados de este estudio indican que tiene una menor cantidad de recursos alimenticios (frutos, cobertura vegetal) y una mayor cantidad de selva baja.

Las reservas de Calakmul y Balam Kú tienen vegetación en buen estado de conservación y de forma continua, la cacería en la RBC es casi nula (Reyna-Hurtado, et al., 2010) y este estudio demuestra que hay disponibilidad de alimentos y agua en ambas reservas. Por lo tanto, representan hábitat adecuado para la conservación de la población de tapir centroamericano.

Para tener una aproximación del número de organismos que habitan en el macizo forestal que forman la Reserva de Calakmul, la Reserva Balam Kú y la Reserva Estatal Balam Kin y saber si la población de tapires puede llegar a ser viable a largo plazo (> 1000 individuos *sensu* Traill, et al., 2007), se requieren más estudios sobre abundancias y densidades de tapires. Los índices dependen de la escala espacio-temporal a la cual se realicen los estudios, por lo que se requieren trabajos a largo plazo y con métodos estandarizados para poder dar una aproximación real del estado de las poblaciones de tapir en la Reserva de Calakmul, la Reserva Balam Kú, la Reserva Estatal Balam Kin y el Área de Protección de Flora y Fauna Balam Ka'ax en Quintana Roo.

Este estudio sugiere priorizar la protección de las aguadas que se registran como importantes para la fauna, e impedir que sigan siendo perturbadas por el turismo o por los cazadores locales, como es el caso de las aguadas en la Reserva de Balam Kú. Un



factor importante a tomar en cuenta en los estudios que se realicen en la Reserva de Calakmul y la Reserva de Balam Kú es que las dos se encuentran divididas por la carretera interestatal 186, lo que muy probablemente pueda estar afectando el paso de animales, lo que provoca que las poblaciones de tapires queden aisladas del macizo forestal que se forma con la Reserva de la Biosfera Maya en el Peten Guatemalteco.

La presencia de tapir en la península de Yucatán puede estar influenciada por la cantidad de precipitación y temperatura. Específicamente, el tapir se distribuye en zonas donde hay altos índices de precipitación y las temperaturas no sean demasiado altas. El modelo de distribución potencial propone zonas en las que el tapir se puede distribuir dentro de la península, donde aún no hay registros de su presencia, o donde los registros corresponden únicamente a avistamientos, como lo es la parte central del estado de Campeche, los bosques cercanos a la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, y la franja costera Majahual-Xcalak, así como los alrededores de la laguna de Bacalar. Por lo que se recomienda realizar estudios en estos sitios para verificar la presencia del tapir.

El modelo de distribución potencial es una herramienta útil para proponer planes de conservación y manejo en zonas que aún no cuentan con algún nivel de protección. Así como para conocer las variables climáticas aptas para la distribución de la especie, datos que pueden ser aplicables al momento de proponer corredores biológicos. Así mismo, es importante tener conocimiento del cambio de uso de suelo en las áreas donde aún se distribuye el tapir para poder llevar a cabo planes de manejo y conservación de estas zonas.



Literatura citada

- Arriaga, L., C. Espinoza, E. Aguilar y L. Martínez. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO. Consulta en línea:
<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Tlistado.htm>.
04/04/2013.
- Bodmer, R. E. 1990. Fruit patch size and frugivory in the lowland tapir (*Tapirus terrestris*). *Journal of Zoology* 222:121-128.
- Bolaños, J. E. y E. Naranjo. 2001. Abundancia, densidad y distribución de las poblaciones de ungulados en la cuenca del Río Lacantun, Chiapas, México. *Revista Mexicana de mastozoología* 5:45-57.
- Brown, J. H. y M. V. Lomolino. 1998. Distribution of single species. p. 61-93. En: *Biogeography*, Brown, J. H. y M. V. Lomolino (eds.). Segunda edición. Simaver Associates Incorporation. Massachussetts.
- Busby, J. 1991. BIOCLIM - A Bioclimatic Analysis and Prediction System. En: Margules, C. R. y M. P. Austin. *Nature Conservation: Cost Effective Biological Surveys and Data Analysis*. Canberra: CSIRO. p. 64-68.
- Byers, C., Steinhorst, K., y R. Krausman. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 48: 1050-1053.
- Castellanos, A., C. Foerster, D. J. Lizcano, E. Naranjo, E. Cruz-Aldan, I. Lira-Torres, R. Samudio, S. Matola, J. Schipper y J. Gonzalez-Maya. 2008. *Tapirus bairdii*. En: IUCN 2012. *IUCN Red List of Threatened Species*. Versión 2012.2. Consultado en: www.iucnredlist.org, el 15 de abril 2013.



- Caughley G. 1977. Analysis of vertebrate populations. John Wiley & Sons, New York, USA. 234 p.
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los Mamíferos silvestres de México. CONABIO/Fondo de Cultura Económica. México. 986 p.
- Chávez, C. 2010. Ecología y conservación del jaguar (*Panthera onca*) y puma (*Puma concolor*) en la región de Calakmul y sus implicaciones para la conservación de la Península de Yucatán. Tesis de doctoral. Universidad de Granada. Granada, España.
- Chávez, C., J. Moguel, M. Gonzales y D. Guiris. 2011. Abundancia relativa de tres ungulados en la Reserva de la Biosfera de “la Sepultura” Chiapas, México. THERYA, 2:111-124.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Consulta en línea:
<http://www.conagua.gob.mx/> 08/01/2013
- Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP) 2010. Ficha de Identificación de la especie. 2010. Dirección de especies prioritarias para la conservación.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Uso de suelo y vegetación. 1999. Consultado en:
http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv731mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- 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.

De Villa Meza, A. 2006. Áreas prioritarias para la Conservación de los Carnívoros de Oaxaca. Tesis de Maestría, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 91 p.

Dillon, A. y M. Kelly. 2007. Ocelot *Leopardus pardalis* in Belize: the impact of trap spacing and distance moved on density estimates. *Oryx* 41:469-477.

Flesher, K. 1999. Preliminary notes on the conservation status of Baird's tapir in north-eastern Honduras. *Oryx* 33:294-300.

Flores, D. A. 1974. Los suelos de la república mexicana, 1:95-97. En: El escenario geográfico. SEP. INAH, México D.F.

Foerster, C. R. 1998. Ecología de la danta Centroamericana (*Tapirus bairdii*) en un bosque lluvioso tropical de Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Foerster, C. 2002. Baird's Tapir Project. Corcovado National Park, Costa Rica. *Tapir Conservation* 11:11-13.

Foerster, C. y C. Vaughan. 2002. Home Range, Habitat Use, and Activity of Baird's tapir in Costa Rica. Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre para Mesoamérica y el Caribe. *Biotropica* 34: 423-437.

Folan, W. J., J. Gunn, J. Eaton y R. Patch. 1983. Paleoclimatological Patterning in Southern Mesoamerica. *Journal of Field Archaeology* 10: 453-468.



- Fragoso, J. M. 1991. The effect of hunting on tapirs in Belize. In: *Neotropical wildlife use and conservation*. Robinson, J. G. and Redford, K. H. (Eds.), pp.154-162. University of Chicago Press, Chicago.
- Gallina, S. 1998. Evaluación del hábitat para el venado. p. 15-24. En: primera reunión regional sobre venado cola blanca mexicano. Memorias del curso-taller. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köepen. Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- García-Gil, G., J. L. Palacio-Prieto y M. A. Ortiz-Pérez. 2002. Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México 48: 7-23.
- García-Gil, G. 2003. Colonización humana reciente y formación del paisaje agrario en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 129 p.
- Glanz, W. E. 1990. Neotropical mammal densities: How unusual is the community of Barro Colorado Island, Panama. In: *Four Neotropical rainforests*. Gentry, A. H. (Ed.), pp.287-313. Yale University Press, New Haven, Connecticut.



- Goulart, F. V., N. C. Cáceres, M. E. Graipel, M. A. Tortato, I. R. Ghizoni Jr. y L. G. R. Oliveira-Santos. 2009. Habitat selection by large mammals in a southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 74:182-190.
- Graham, C. H., C. Moritz y S .E. William. 2006. Habitat history improves prediction of biodiversity in a rainforest fauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 103: 632-636.
- Grupo Especialista de tapires (TSG). 2007. Manual Veterinario de Campo para Tapires. IUCN/SSC Grupo Especialista de Tapires (TSG), Comité Veterinario.
- Guerra, R. M. 2010. Conocimiento integral del tapir (*Tapirus bairdii*) con métodos estandarizados de monitoreo biológico en parte de la Selva Maya (México). Informe final. Proyecto realizado para “Memorándum de Entendimiento para la Cooperación en Materia de Conservación de Áreas Protegidas”.
- Gunn, J. y R. E. Adams. 1981. Climatic change, culture and civilization in North America. *World Archaeology* 13(1): 85-100.
- Hernández, P. A., C. H. Graham, L. L. Master y D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, 29: 773-785.
- Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978. Consultado en: <http://www.worldclim.org/> 12/01/2013



- Instituto Nacional de Ecología. 1999. Programa de manejo Reserva de la Biosfera de Calakmul, México. INE, México, D. F. Ed. Unidad de Participación Social, Enlace y Comunicación, INE. Primera edición. México.
- Johnson, D. H. 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology* 61:65-71.
- Kappelle, M. y A. D. Brown. 2001. Bosques nublados del Neotrópico. INBio: Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica. 698 p.
- Karanth, U., J. Nichols y S. Kumar. 2004. Photographic sampling of elusive mammals in tropical forests. p. 229-247. En Thompson W. (eds.). *Sampling rare or elusive species: 47 concepts, designs, and techniques for estimating population parameters*. Island Press. Washington, USA. 413 p.
- Lawton, R. O. 2000. Baird's tapir. En: Nadkarni, N. M. y N. T. Wheelwright (eds.). *Monteverde: ecology and conservation of a tropical cloud forest*. Oxford University Press. New York. p. 2342–2343.
- Levin, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73: 1943-1976.
- Lidicker, W. Z. Jr. 1999. Responses of mammals to habitat edges: an overview. *Landscape Ecology* 14: 333-343.
- Lira, I., E. Naranjo, D. M. Güiris y E. Cruz. 2004. Ecología de *Tapirus bairdii* (Perisodactyla: Tapiridae) en la Reserva de la Biosfera El Triunfo (Polígono I), Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 20(1): 1-21.



- Lira, I., E. Naranjo y M. Reyes-Chargoy. 2005. Ampliación del área de distribución de *Tapirus bairdii* (Perissodactyla: Tapiridae) en Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 21:107-110.
- Lira-Torres, I. y M. Briones-Salas. 2012. Abundancia relativa y patrones de actividad de los mamíferos de los Chimalapas. Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28: 566-585.
- Lopez de Casenave, J., L. Marone, F. Jaksic y P. Camus. 2007. Escalas. En: Jaksic, F. y L. Marone (eds.). *Ecología de Comunidades*. Segunda edición ampliada. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. p. 193-213.
- Macfarlane, W. y B. Howard. 1972. Tritiated water in field studies ruminant metabolism in Africa. p. 83-93. En *Isotopes Studies of the Physiology of Domestic Animals*. International Atomic Energy Agency. Vienna.
- Maffei, L., E. Cuellar y A. Noss. 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. 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. Naranjo. 2005. Tapir (*Tapirus bairdii*). En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G y G. Oliva (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento



y Uso de la Biodiversidad y Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 496-497 p.

Mardero, S., E. Nickl, B. Schmook, L. Schneider, J. Rogan, Z. Christman y D. Lawrence. 2011. Sequias en el sur de la Península de Yucatán: análisis de la variabilidad anual y estacional de la precipitación. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. Núm. 78, 2012. p. 19-33.

Martínez - Kú, D., G. Escalona-Segura, J. Vargas-Contreras. 2008. Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. En: Avances en el Estudio de los mamíferos en México. Lorenzo, C., E. Espinoza y J. Ortega (eds.). 2008. Publicaciones especiales, Vol. II. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Mendoza Ramírez, E. y J. P. Carbajal Borges. 2011. Avances y perspectivas para la conservación del tapir centroamericano en México. CONABIO. Biodiversitas 99:12-16.

Mendoza, E., Fuller, T. L. Thomassen, H. A., Buermann, W., Ramirez-Mejía, D. y Smith, T. B. 2013. A preliminary assessment of the effectiveness of the Mesoamerican Biological Corridor for protecting potential Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) habitat in southern Mexico. Integrative Zoology 8: 34-46

Miranda, F. 1964. Vegetación de la península yucateca. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México. p. 161-271.



- Morrison, M. B. Marcot y R. Mannan. 1998. Wildlife-habitat relationships: concepts and applications. The university of Wisconsin Press. 2da ed. Madison. 343 p.
- Muench, C. E. 2001. Patrones de uso del hábitat del tapir (*Tapirus bairdii*) en dos localidades de la Selva Lacandona, Chiapas. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Naranjo, E. 1995. Hábitos de alimentación del tapir (*Tapirus bairdii*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. Vida Silvestre Neotropical 4:32-37.
- Naranjo, E. 1998. Ecología del tapir en la Sierra Madre de Chiapas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N. G021. México, D.F.
- Naranjo, E. 2001. El tapir en México. Biodiversitas 36:1-3.
- Naranjo, E. 2002. Population ecology and conservation of ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. Tesis postdoctoral, Universidad de Florida. Gainesville, FL.
- Naranjo, E. 2009. Ecology and Conservation of Baird's tapir in Mexico. Tropical Conservation Science 2:140-158.
- Naranjo, E. y R. 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., Bodmer R. 2007. Source-sink systems of hunted ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. Biological Conservation 138:412-420.
- Naranjo, E. y E. Cruz. 1998. Ecología del tapir en la Reserva de la Biosfera La Sepultura. Acta Zoológica Mexicana 73:111-125.



- Nolasco, A. 2009. Distribución actual y estado de conservación del tapir centroamericano *Tapirus bairdii* Gill, 1985 (Perissodactyla: Tapiridae) en México. Tesis de licenciatura, Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nolasco, A. L., I. Lira y G. Ceballos. 2007. “Ampliación en el área de distribución histórica del tapir (*Tapirus bairdii*) en el Pacífico mexicano”, en Revista Mexicana de Mastozoología 11: 91-94.
- O’Farril, G., S. Calme y A. González. 2006. *Manilkara zapota*: A new record of species dispersed by tapirs. The Newsletter of the IUCN/SSC Tapir Specialist Group 15:32-35
- O’Farril, G., S. Calmé y A. González. 2007. Interacciones en peligro: El caso del tapir y el zapote. Ecofronteras 31:18-20.
- O’Farril G., S. Calmé, R. Sengupta y A. González. 2012. Effective dispersal of large seeds by Baird’s tapir: a large-scale field experiment. Journal of Tropical Ecology. 28: 119-122.
- O’Farril G., M. Galetti y A. Campos-Arceiz. 2013. Frugivory and seed dispersal by tapirs: an insight on their ecological role. Integrative Zoology 8: 4-17.
- Olmos, F. 1997. Tapirs as seed dispersers and predators. En: Tapirs: status survey and conservation action plan. Brooks, D. M., E. Bodmer y S. Matola (eds.). IUCN/SSC Tapir Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. p. 3-9.



- Pedlar J. H., L. Fahrig y H. G. Merriam. 1997. Raccoon habitat use at 2 spatial scales. *The Journal of Wildlife Management* 61: 102-112.
- Pereira, G. M. 2011. Mamíferos Carnívoros en un paisaje agrícola: distribución, selección de hábitat y patrones de movimiento. Tesis doctoral. Ed. De la Universidad de Granada. Estación biológica Doñana CSIC. Granada, España.
- Pérez-Cortez, S. 2011. Distribución y abundancia del tapir (*Tapirus bairdii*) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, México. Tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, México.
- Pérez-Cortez S., P. Enríquez, D. Sima-Panti, R. Reyna-Hurtado y E. Naranjo. 2012. Influencia de la disponibilidad de agua en la presencia y abundancia de *Tapirus bairdii* en la selva de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 753-761.
- Pérez-Cortez, S. y E. S. Matus-Pérez. 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.
- Pérez-Solano L. A. 2011. Caracterización del hábitat del venado temazate rojo a dos escalas espaciales en la región montañosa de Oaxaca, México. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México.
- Phillips, S., R. Anderson y R. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190: 231-259.
- Pulliam, H. R., B. J. Danielson. 1991. Sources, sinks and habitat selection: a landscape perspective on population dynamics. *American Naturalist*, 137:S50–S66.



- 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.
- Reid, F. A. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press. New York.
- Reyna-Hurtado, R. 2002. Efectos de la cacería en las especies de ungulados de Calakmul, México. Tesis de maestría, Universidad de Florida. 81 p.
- Reyna-Hurtado, R., G. O´Farril, D. Sima, M. Andrade, A. Padilla y L. Sosa. 2010. Las aguadas de Calakmul: reservorios de vida silvestre y de la riqueza natural de México. *CONABIO. Biodiversitas* 93:1-6.
- Reyna-Hurtado, R., E. Rojas-Flores y W. Tanner. 2009. Home rang and habitat preferences of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) in Calakmul, Campeche, México. *Journal of Mammalogy*, 90: 1199–1209.
- Reyna-Hurtado, R. y G. W. Tanner. 2005. Habitat preferences of an ungulate community in Calakmul Forest, Campeche, México. *Biotropica*. 37:676-685.
- Reyna-Hurtado, R. y G. W Tanner. 2007. Ungulate relative abundance in hunted and non-hunted sites in Calakmul Forest (Southern Mexico). *Biodiversity and Conservation* 16:743-756.
- Robinson, J. y K. Redford. 1994. Measuring the sustainability of hunting in tropical forests. *Oryx* 28:249-256.
- Rosenzweig, M. L. 1991. Habitat selection and population interactions: the search for mechanism. *American Naturalist* 137: S5–S28.



- Saab, V. 1999. Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forest: a hierarchical analysis. *Ecological applications* 9:135-151.
- Sánchez-Núñez, E., H. Ortiz y E. Arellano. 2011. Abundancia y uso de hábitat del tapir (*Tapirus bairdii*) en Frontera Corozal, Selva Lacandona, Chiapas, México. *Tapir Specialist Group* 20: 25-29.
- Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185:27–39.
- Secretaría de Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable del Estado de Campeche (SMAAS). Consulta en línea:
<http://www.smaas.campeche.gob.mx/anp/zona-sujeta-a-conservacion-ecologica-balam-ku/> 13/05/2013.
- Secretaria 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.
- Serey, I., F. Barrera y D. Moreira. 2011. Biodiversidad en ecosistemas y paisajes a escala regional. Facultad de ciencias. Universidad de Chile. Consultado en:
www.librorojo.cl/wpcontent/uploads/libro/Biodiversidaddeecosistemasypaisaje-saescalaregional.pdf. 18/04/2007.
- 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.



Sokal RR y JF. Rohlf. 1981. Statistical tables. WH. Freeman y Co. New York, USA. 859 p.

Stockwell, D. y D. Peters. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13:143-158.

Tobler, M. W. 2002. Habitat use and diet of Baird's Tapirs (*Tapirus bairdii*) in a Montane Cloud Forest of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Biotropica* 34:468-474.

Tobler, M. W., E. J. Naranjo y I. Lira-Torres. 2006. Habitat preference, feeding habits and conservation of Baird's tapir in Neotropical montane oak forests. p. 347-361. En: Kaapelle, M. (ed). *Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests*. Springer-Verlag, Germany.

Thomas, C. D., A. Cameron, R. E. Green, M. Bakkenes, J. L. Beaumont, Y. Collingham, B. F. Erasmus, M. Ferreira de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. Avan Jaarsveld, G. F. Midgley, L. Miles, M. A. Ortega-Huerta, T. A. Peterson, O. Phillips y S. E. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427:145-148.

Thuiller, W., D. Richardson, P. Pysek, G. Midgley, G. Hughes y M. Rouget. 2005. Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology* 11:2234-2250.



- Trall, L. W., C. J. A. Bradshaw y B. W. Brook. 2007. Minimum viable population size: A meta-analysis of 30 years of published estimates. *Biological Conservation* 139:159-166.
- 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.
- Turner, M., R. H. Gardner y R. V. O'Neill. 2001. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer-Verlag, New York. 416 p.
- Vaca, R. A., J. G. Duncan, L. Cayuela, J. Hewson, M. Steininger. 2012. Evidence of Incipient Forest Transition in Southern Mexico. *PLoS ONE* 7 (8): e42309.
- Vester, H., D. Lawrence, J. Eastmant, R. Turner, S. Calmé, R. Dickson, C. Pozo y F. Sangermano. 2007. Land change in the southern Yucatan and Calakmul Biosphere Reserve: effects on habitat and biodiversity. *The Ecological Society of America* 174:989–1003.
- Vidal-García, F. y J. C. Serio-Silva. 2011. Potencial distribution of Mexican primates: modeling the ecological niche with the maximum entropy algorithm. *Primates* 52:261-270.
- Watling J., L. Brandt, F. Mazzotti y S. Romañach. 2012. *Use and Interpretation of Climate Envelope Models: A Practical Guide*. University of Florida, 43 p.
- Wiens, J. A. 1989. Spatial Scaling in Ecology. *Functional Ecology*. 3:385-387.
- Williams, K. D. 1984. *The Central American tapir (Tapirus bairdii) in northwestern Costa Rica*. Tesis postdoctoral. Michigan State University, East Lansing, Michigan.



Yahner, R. H. 1988. Change in wildlife communities near edges. *Biology Conservation*.
2: 333-339.

Zuñiga, F. 2009. Distribución y conocimiento ecológico local del Tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en el estado de Campeche. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche. San Francisco de Campeche, Campeche, México.



APENDICES

Apéndice 1. Foto-capturas de tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) obtenidas con cámaras-trampa en aguadas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul y la Reserva Estatal de Balam Kú, Campeche, México.



Apéndice 2. Fotografías de una misma aguada mostrando cambios en el nivel de agua en la Reserva Estatal Balam Kú, Campeche, México.

a) 0 = sin agua, b) 1= poca agua y c) 2= llena.



a)



b)



c)



Apéndice 3. Fuentes de registros de tapir centroamericano en la península de Yucatán para generar el mapa de distribución potencial.

- Colección Mastozoológica de El Colegio de la Frontera Sur, unidad Chetumal, Quintana Roo, México. Datos proporcionados por el Curador, Biólogo Enrique Escobedo Cabrera.
- Datos proporcionados por la dirección de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Cancún, Benito Juárez, Quintana Roo, México. Bajo el oficio No. F00.9.DRBSK-080/13.
- Datos proporcionados por Jorge Gómez Poot. Subdirección Parque Natural Arrecifes de Xcalak.
- Base de datos de la investigación publicada: "El tapir *Tapirus bairdii* en la región sureste del Área de Protección de Flora y Fauna Bala'an Ka'ax, Quintana Roo, México". Pérez-Cortez y Matus-Pérez. 2010.
- Base de datos: Zúñiga, 2011. Tesis de licenciatura. Campeche, México.
Base de datos no publicada del mismo autor.
- Base de datos: Nolasco, 2009. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F.
- Base de datos recopilada para el artículo: A preliminary assessment of the effectiveness of the Mesoamerican Biological Corridor for protecting potential Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) habitat in southern Mexico. Mendoza et al., 2013.
- Base de datos: Serrano, 2013. Tesis de licenciatura. Campeche, México.



- Datos proporcionados por: M .C. Mauro Sanvicente. El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México.
- Datos proporcionados por: Veterinario Zootecnista, Jonathan Pérez Flores. El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México.
- Datos proporcionados por: M .C. Saúl Amador. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de la Casas, Chiapas, México.
- Datos proporcionados por: Dr. Pablo Ramírez Barajas. Instituto Nacional de Ecología. Xalapa, Veracruz, México.

Apéndice 4. Curvas de respuesta de *Tapirus bairdii* a las variables climáticas predichas por el Modelo de Máxima Entropía para la península de Yucatán. Los datos de temperatura están en unidades de ° C * 10 (Hijmans, 2006).

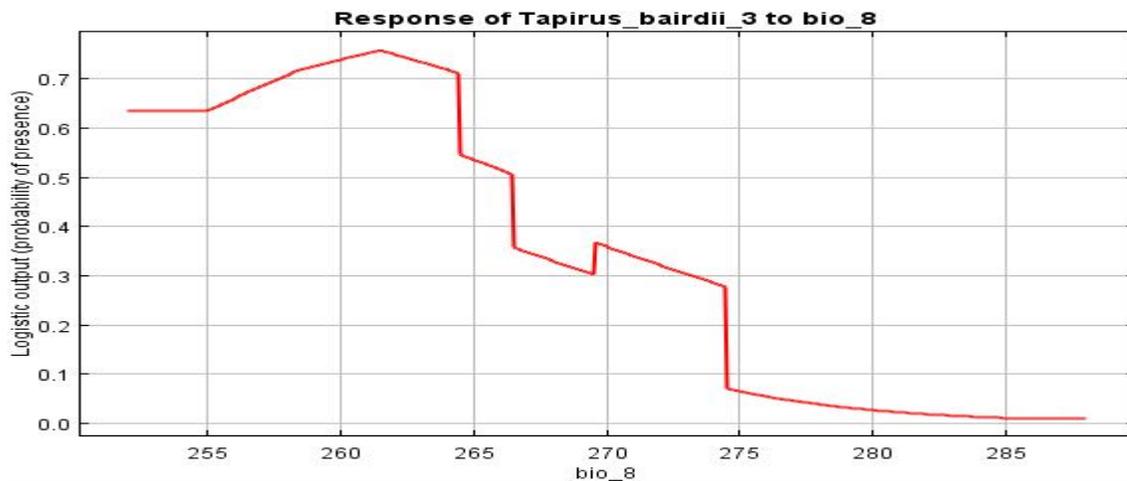


Figura 13. Probabilidad de presencia de *Tapirus bairdii*, de acuerdo con la temperatura media del trimestre más lluvioso.



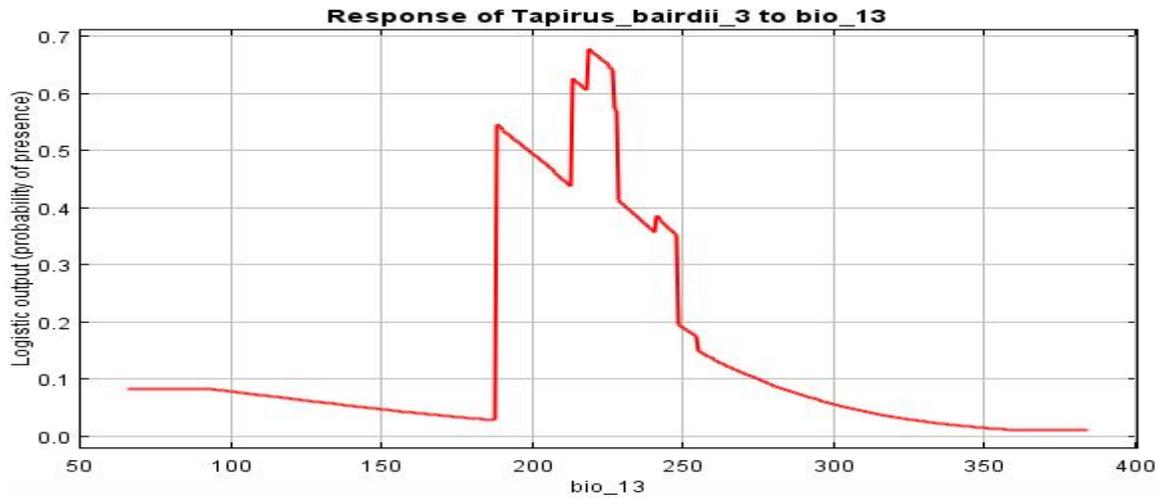


Figura 14. Probabilidad de presencia de *Tapirus bairdii*, de acuerdo con la precipitación del mes más lluvioso.

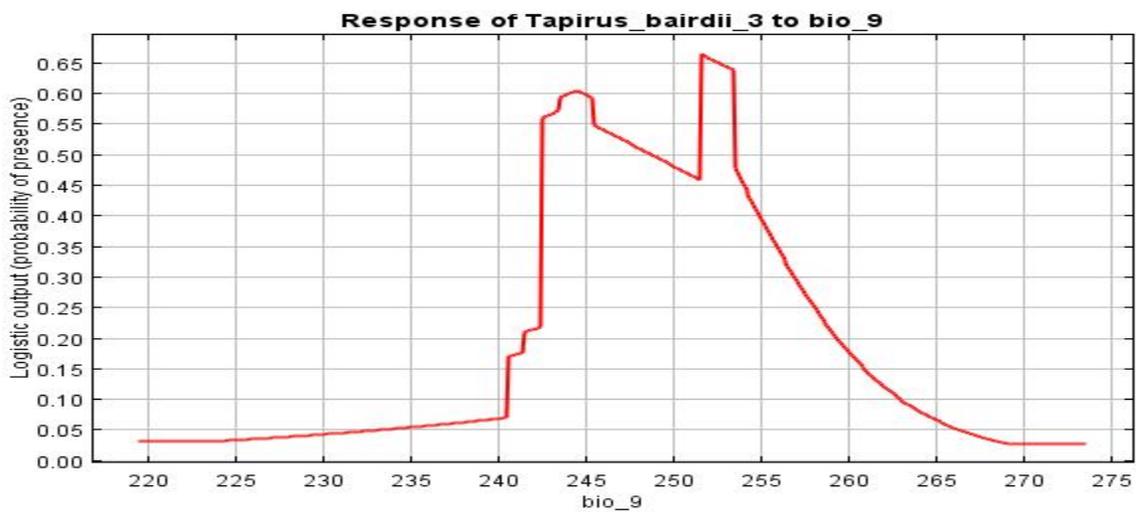
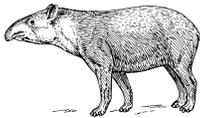
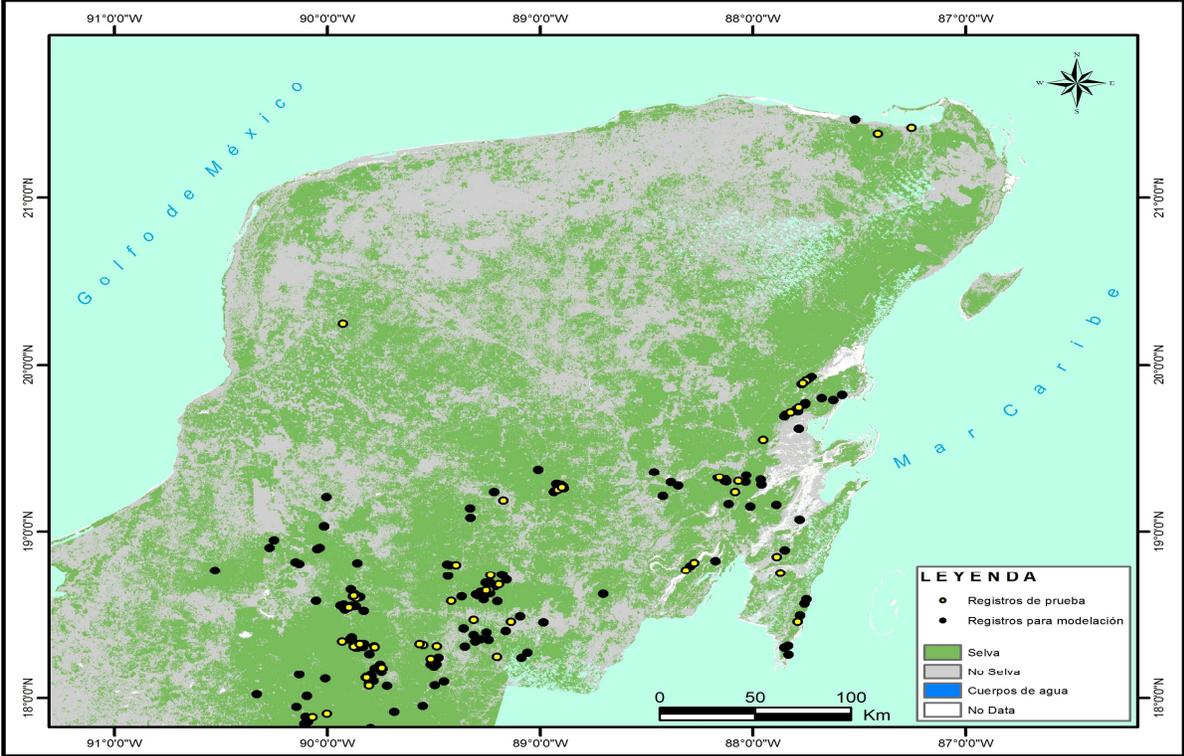


Figura 15. Probabilidad de presencia de *Tapirus bairdii* de acuerdo con la temperatura del trimestre más seco



Apéndice 5. Imagen de la deforestación en la península de Yucatán para el año 2006, generado con imágenes Landsat por Vaca y colaboradores (2012).



ANEXO 1. Artículo

Abundancia relativa y selección de hábitat de *Tapirus bairdii* en la reserva de Calakmul y Balam Kú, Campeche, México.

Relative abundance and habitat selection of *Tapirus bairdii* in the Calakmul and Balam Kú reserve, Campeche, México.

Natalia Carrillo Reyna¹ *, Rafael Reyna Hurtado², Birgit Schmook¹

¹El Colegio de la Frontera Sur. Ave. Centenario Km 5.5 Carretera Calderitas, 77900. Chetumal, Quintana Roo.

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

* atty_05@hotmail.com

Resumen. Este estudio reporta la abundancia relativa y la selección de hábitat de *Tapirus bairdii* en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y en la Reserva Estatal de Balam Kú en Campeche, México, en tres sitios bajo el efecto del gradiente de humedad en la Península de Yucatán donde la precipitación y humedad se incrementan de Norte a Sur. Se establecieron 120 km de transectos lineales, donde se registró el índice de abundancia relativa a través del registro de huellas de tapir y variables del hábitat como alimento y vegetación. El índice de abundancia se reforzó con la instalación de cámaras-trampa en nueve aguadas. Se obtuvo un índice de abundancia de 0.33 huellas/km y de 0.017 registros/día-trampa. No se encontraron diferencias significativas en los índices de abundancia entre sitios, así como tampoco se registró una preferencia de hábitat en cuanto al tipo de vegetación. Este trabajo aporta información sobre la abundancia del tapir en reservas donde existen pocos estudios para esta especie, sugiere además que los tapires pueden



distribuirse en zonas más secas y que pueden llegar a ser generalistas en cuanto a la selección de su hábitat.

Palabras clave: preferencia, disponibilidad, recursos, tapir centroamericano, reserva estatal.

Abstract. In this study we report the relative abundance and habitat selection of *Tapirus bairdii* in the Calakmul and Balam Kú reserves in the state of Campeche, México, in three sites along a humidity gradient in the Yucatan Peninsula, with rainfall and humidity increasing from North to South. We established 120 km of linear transects where we registered the tapir tracks, relative abundance index and habitat variables like food and vegetation. The abundance index was reinforced through the installation of automatic camera-traps at nine waterholes in the three sites. We found a relative abundance index of 0.33 tracks/ km and a 0.017 records/day-trap. No differences were found in the relative abundances of tapirs between sites, or habitat preferences. This work provides information of the abundance of tapirs in reserves where few studies for this species have been undertaken, suggesting that tapirs can exist in drier habitats. The study suggests that tapirs can behave as generalist in terms of habitat use if the area is protected.

Key words: preferences, availability, resources, Central American tapir, state reserve.

Introducción

La población de tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) se han reducido un 50% en toda su área de distribución en los últimos 30 años (Castellanos, et al., 2008). En México, su distribución actual abarca solamente alrededor del 45% de lo que era su distribución histórica (Nolasco, et al., 2007). Esta reducción en las poblaciones se debe principalmente a la deforestación y fragmentación de su hábitat, a la cacería y a las muertes que se producen en encuentros incidentales con humanos (Robinson y Redford, 1994; Naranjo, 2009). La



conservación y manejo adecuado de este mamífero y su hábitat no será posible si se carece de información sobre sus abundancias, las características ambientales necesarias para su distribución, su estructura poblacional, y la disponibilidad y calidad del hábitat (Naranjo, 2009). Factores fundamentales para desarrollar estrategias de manejo y conservación para especies en peligro de extinción (Foerster y Vaughn, 2002; Goulart, et al., 2009).

El tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) es el mamífero terrestre más grande del Neotrópico (Tobler, 2002) y tiene un importante papel ecológico en la dinámica de las selvas tropicales por su actividad en la herbivoría, dispersión y depredación de semillas de numerosas especies vegetales (Bodmer, 1990; Naranjo, 1995; Olmos, 1997; O´Farrill, et al., 2007; O´Farril, et al., 2013). Habita preferentemente en áreas boscosas extensas (>1,000 ha) con escasa perturbación y con cuerpos de agua permanentes (Ceballos y Oliva, 2005). Sin embargo, los tapires también han sido reportados en selvas caducifolias, manglares, acahuales y vegetación sucesional causada por disturbios naturales, vegetación secundaria e incluso en pastizales y cultivos (Muench, 2001; Foerster y Vaughan, 2002; Reyna-Hurtado, 2002; Naranjo, 2009; Nolasco, 2009).

Si bien existe consenso en cuanto al papel crítico que desempeñan las reservas de la biosfera del sureste del país (Montes Azules, La Sepultura, Sian Ka’an y Calakmul) para las poblaciones de tapir, la mayoría de los estudios han sido llevados a cabo en las áreas naturales protegidas del estado de Chiapas. Existe muy poca información acerca de la importancia que tienen reservas de menor tamaño como la Reserva Estatal de Balam Kú (REBK) para mantener las poblaciones de esta especie (Naranjo, 2009).



El objetivo de este estudio fue obtener una estimación de la abundancia relativa y la selección de hábitat del tapir centroamericano en tres sitios dentro del macizo forestal de la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC) y la Reserva Estatal Balam Kú (REBK), sitios que se encuentran bajo el efecto del gradiente de humedad presente en la Península de Yucatán donde la precipitación se incrementa del norte al sur (Gunn y Adams, 1981; Folan, et al., 1983). Estudios previos mencionan que esta especie requiere hábitats con abundantes fuentes de agua y alimento (Fragoso, 1997; Foerster y Vaughan, 2002; Naranjo y Bodmer, 2002). Este estudio nos permitirá conocer si hay un efecto del gradiente de humedad en la abundancia relativa y la selección de hábitat de los tapires en esta región.

Materiales y Métodos

Área de estudio. La RBC y la REBK se localizan al sureste del estado de Campeche (Figura 1). Estas reservas se conectan con la Reserva de la Biosfera Maya en el Peten Guatemalteco y el Área de Conservación de Milpas-Río Bravo en Belice, englobando 3,073, 998 ha de cobertura boscosa que forman a la segunda área de bosque tropical más grande del continente americano, la Selva Maya (Reyna-Hurtado, et al. 2010). El clima predominante en esta zona es el cálido subhúmedo (Aw), con una temperatura media anual de 25 °C (Arriaga, et al. 2000; García-Gil, 2003). La característica climática más notable de la Península de Yucatán es un incremento del gradiente de humedad del noroeste hacia el sureste (Gunn y Adams, 1981; Folan et al., 1983). La precipitación anual varía de 500 a 2500 mm (García-Gil, 2003). La vegetación predominante es selva mediana subperennifolia, selva mediana caducifolia y selva baja subperennifolia (Martínez y Galindo-Leal, 2000). El agua en Calakmul es escasa y, la mayoría del agua de lluvia percola hacia el subsuelo (excepto en las selvas inundables o “bajos” donde se almacena la lluvia



temporalmente) y poca escurre superficialmente en corrientes temporales o semi-permanentes, almacenándose en cuerpos de agua conocidos localmente como “aguadas”. Estos reservorios son la única fuente de agua para la fauna silvestre y para varias comunidades humanas durante la época seca (Reyna-Hurtado, et al., 2010).

El trabajo de campo se llevo a cabo durante los meses de abril a julio del 2012. Se trabajo en tres sitios, dos ubicados en la parte sur de RBC (sitio sur y sitio centro) y uno en el norte de la REBK (sitio norte) abarcando así el gradiente de humedad (Figura 1), situándose en la parte sur el sitio más húmedo y en el norte el sitio más seco, lo sitios fueron elegidos procurando que fueran accesibles en la época de lluvias.

Abundancia relativa de huellas. En cada sitio se establecieron cinco transectos lineales de 2 km cada uno (30 km en total), con una distancia de al menos 3 km entre transecto. Para obtener el índice de abundancia relativa de huellas (IARh) de los tapires, se recorrieron los transectos una vez al mes realizando una búsqueda exhaustiva de huellas que se encontraran hasta 1 m a cada lado de la línea central del transecto, las cuales se contabilizaron para obtener el número de huellas por km recorrido. Las huellas que se encontraban en conjunto o a una distancia menor a 50 m fueron tomadas como un solo individuo. Los rastros fueron borrados para evitar ser contados de nuevo en el siguiente recorrido.

El índice para estimar la abundancia relativa consiste en dividir el número de rastros encontrados por km recorrido (Caughley, 1977): $IARh = NH / km$. Donde NH es el número de huellas observadas y km son los kilómetros recorridos. Se obtuvo in IARh total para toda la zona de estudio y el IARh para cada uno de los sitios en estudio.



Abundancia relativa de foto-capturas. En cada sitio se ubicaron tres aguadas elegidas por su accesibilidad en época de lluvias (nueve aguadas en total) en las que se instalaron tres modelos de cámaras-trampa (PC800 Hyperfire professional Reconix, Inc. Moultrie Game Spy 1-65 y Cuddeback Capture IR digital scouting camera). Fueron colocadas cuatro cámaras por sitio que se mantuvieron funcionaron continuamente, cada 30 días se realizó cambio de tarjetas de memoria y de baterías. El esfuerzo de muestreo se obtuvo al multiplicar el número de cámaras utilizadas, por el número de días que duro el muestreo. Días-trampa, periodos de 24 horas en que las cámaras estuvieron activas) (Dillon y Kelly, 2007).

Se contabilizó el número de fotografías de tapir en cada aguada cada 24 horas (capturas por día) todos los registros de tapir en un mismo día se tomaron como un solo individuo; únicamente se cuantificaron como más de un registro cuando se pudieron diferenciar individuos por alguna seña en particular (p. ej. sexo, edad, cicatrices). Se obtuvo el índice de abundancia relativa de foto-capturas (IARf) que se expreso como el número de capturas fotográficas por día-trampa (Seydack, 1984). $IARf = N / t / d$. Donde N es el número de visitas independientes registrados por aguada, t es el número de cámaras y d son los días activos totales de las cámaras. El IARf se obtuvo para cada uno de los sitios y para el periodo total del estudio y se calculo

Debido a la variación de los datos, se comprobó si se ajustaban a la distribución normal a través de una prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov. Para saber si había diferencias significativas en el número de registros de tapir entre los sitios (IARh e IARf) y entre transectos y aguadas dentro de cada sitio, se aplicaron pruebas de Kruskal-Wallis. Se aplicó una prueba de Mann-Whitney (Sokal & Rohlf 1981) para determinar las diferencias en las



abundancias relativas entre cada par de sitios. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS para Windows Versión 8.0.

Disponibilidad de alimento. En cada uno de los transectos se realizó el conteo e identificación de los frutos que son conocidos por formar parte de la dieta del tapir (Naranjo, 1995; Cruz, 2001; O’Farril, et al., 2006; Pérez-Cortez y Pérez-Matus, 2010). Para ello, se identificaban los frutos que se encontraban en el transecto. Una vez que se verificaba la presencia del árbol de donde presuntamente provenían, se contabilizaban los frutos en 2 m² del suelo a un lado de dicho árbol. Con estos datos se obtuvo el porcentaje de frutos para cada uno de los sitios.

Debido a que en esta región no se conocen todas las especies vegetales que forman parte de la dieta del tapir, se calculó únicamente el porcentaje de la cobertura vegetal del sotobosque en cada sitio. Para ello, se tomaron fotografías de la vegetación a un lado del transecto colocando la cámara a un metro de altura con el zoom desactivado (objetivo: 4 mm). La toma de fotografías se hizo una vez al mes, al inicio, a la mitad (1 km) y al final del transecto (2 km). Posteriormente, estas fotografías se colocaron en una plantilla con una cuadrícula de 10 x 10 y se contaron los cuadros ocupados por plantas. Con este método se obtuvo el porcentaje de la cobertura vegetal del sotobosque para cada sitio. Para determinar si había relación entre el porcentaje de frutos y el porcentaje de cobertura vegetal del sotobosque con el IARh, se realizó una Correlación de Spearman con la ayuda del lenguaje estadístico R versión 2.11©.

Hábitat disponible. Para conocer la proporción del hábitat disponible en los transectos marcados, se registró el tipo de vegetación de acuerdo a la clasificación del Instituto Nacional de Ecología (1999), cada 100 m de km recorrido, además cada vez que se encontraba un registro confiable de tapir se registraba también el tipo de vegetación. Se contrastó la disponibilidad de hábitat que se



obtuvo en los transectos cada 100 metros (independientemente de la presencia o ausencia del tapir) con la proporción de cada tipo de vegetación donde hubo registros de tapir a través de un análisis de X^2 . Utilizando el número de huellas encontradas, se obtuvo la frecuencia observada, la frecuencia esperada y los intervalos de Bonferroni para cada tipo de cobertura vegetal utilizada por la especie. Estos análisis se realizaron empleando el programa HABUSE 4.0 (Byers et al. 1984).

Resultados

Abundancia relativa de huellas. En total fueron registradas 40 huellas de tapir entre los tres sitios. El IARh total fue de 0.33 huellas/km recorrido para toda el área de estudio. El IARh en el sitio norte fue de 0.42 huellas/km recorrido; en el sitio centro fue de 0.25 huellas/km y en el sitio sur de 0.32 huellas/km. No resultaron diferencias estadísticamente significativas al contrastar la abundancia de registros de tapir entre los tres sitios de estudio ($H=0.783$; $P = 0.67$). El mes de julio fue el mes en que se registro un mayor número de huellas en los tres sitios con 0.50 huellas/km.

Abundancia relativa de foto-capturas. El esfuerzo de muestreo fue de 1464 noches-trampa para todo el estudio. En total se obtuvieron 25 foto-capturas para los tres sitios, el sitio con mayor registro de fotografías de tapir fue el sur con 0.03 foto-capturas/días-trampa, seguido por el sitio norte con 0.01 y el sitio centro con 0.006 fotos-capturas/días-trampa. El tapir estuvo presente en 8 de las 9 aguadas en estudio. La aguada que mayor cantidad de registros tuvo fue la aguada Bonfil que se ubica en el sitio sur con una abundancia de 0.05 foto-capturas/días-trampa, así mismo Bonfil fue la única aguada en que se registro presencia de tapir durante en los cuatro meses de estudio. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia



de registros fotográficos entre los 3 sitios ($H = 3.3$; $P = .018$). El mes de julio fue el mes en el que la mayoría de las aguadas se mantuvieron llenas.

Disponibilidad de alimento. Frutos. En total fueron registradas 21 especies de frutos en el área de estudio, de las cuales 8 han sido reportadas como parte de la dieta del tapir (Cruz, 2001; Foerster y Vaughn, 2002; Tobler, et al., 2006; Naranjo, 2009; Pérez-Cortez y Matus-Pérez, 2010). Tres de estas especies (*Manilkara zapota*, *Vitex gaumeri* y *Coccoloba barbadensis*) representaron el 87% del porcentaje de ocurrencias del total de especies encontradas, solo *M. zapota*, estuvo presente en todos los sitios durante los meses que duro el muestreo. El sitio con menos abundancia de frutos fue el norte con 17.7%, seguido por el centro con 26.5% y el sur con 55.7%. La correlación de Spearman no mostró una relación estadísticamente significativa entre el porcentaje de frutos y el índice de abundancia relativa de huellas ($r_s = .049$; $P = 0.7$).

Cobertura vegetal del sotobosque. En los cuatro meses de estudio, la cobertura vegetal del sotobosque fue muy parecida en los sitios centro y sur, con 41.9% y 41.3% respectivamente, mientras que en el sitio norte se registro una menor cantidad de plantas en el sotobosque con 16.6%. La correlación de Spearman no muestra una relación estadísticamente significativa entre el porcentaje de cobertura vegetal del sotobosque y el índice de abundancia relativa de huellas ($r_s = -.096$; $P = 0.4$).

Hábitat disponible. En los tres sitios de estudio la selva mediana fue el tipo de vegetación dominante, representando 51% en el norte, 39% en el centro y 89% en el sur. En los tres sitios se encontraron selvas bajas subcaducifolias, siendo más frecuente en el sitio norte el cual fue el único sitio en el que se encontraron selvas caducifolias, así como en el sitio sur no



fueron registrados selvas bajas inundables. La selva alta fue el tipo de vegetación con menos representación en el sitio de estudio.

Preferencias de habitat. La vegetación predominante en cada punto donde se encontró una huella de tapir fue la selva mediana, con un total de 28 huellas, seis huellas se registraron en la selva baja inundable, cinco huellas en la selva baja subcaducifolia, solamente una huella en la selva baja caducifolia y ninguna en la selva alta. Aunque se registro un mayor número de huellas en la selva mediana, el análisis de Chi cuadrada determinó que no hubo diferencias significativas entre el uso que el tapir hace de cada tipo de vegetación y que usa los diferentes tipos de vegetación de acuerdo con su disponibilidad ($N = 40$; $X^2 = 3.52$; $P = 0.47$).

Discusión

Los resultados no muestran diferencias significativas en los IARh entre los tres sitios de estudio, sugiriendo que los tres sitios cuentan con las características necesarias para la presencia de tapir y que el tapir puede habitar en zonas más secas, siempre y cuando los recursos necesarios para su supervivencia estén disponibles.

La abundancia relativa de tapir reportada en este estudio (0.33huellas/km) resultó mucho menor a la reportada por Pérez-Cortez (2011: 1.48 huellas/km). La diferencia entre abundancias se debe a las características espaciales de cada estudio, ya que uno de los objetivos de Pérez-Cortez (2011), era estimar el uso que dan los tapires a las aguadas en diferentes épocas del año, por lo que los transectos para la búsqueda de huellas partían directamente de las aguadas aumentando así la posibilidad de encontrar un mayor número de rastros de tapir.

En el mes de julio se registro una mayor cantidad de huellas. Esto puede deberse a que en julio existe una mayor cantidad de agua en aguadas, lo que podría ocasionar un aumento

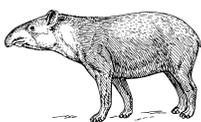


en el movimiento de los tapires, sin tener que localizar sus movimientos cerca de los cuerpos de agua remanentes o de parches de vegetación con alimento. Igualmente Pérez-Cortes (2011) reporta que durante la estación seca los tapires son más abundantes alrededor de los cuerpos de agua perennes, mientras que en la estación de lluvias aumenta su abundancia en las aguadas pequeñas e intermitentes. Reyna-Hurtado (2009) encontró que el pecarí de labios blancos concentran sus actividades cerca de los cuerpos de agua perenes durante la época seca y durante la estación de lluvias expanden su ámbito hogareño utilizando los cuerpos de agua intermitentes.

En México, solo dos estudios más han reportado abundancias fotográficas de tapir, uno de ellos realizado en la RBC producto de un trabajo conjunto entre la ONG Pronatura Península de Yucatán (Reyna-Hurtado et al, 2010) y Pérez-Cortes y colaboradores (2012), el cual se llevo a cabo del 2008 al 2010. Donde encontraron una abundancia relativa de foto-capturas ligeramente mayor a la que se reportó en este estudio. Estas diferencias se deben a los diferentes esfuerzos de muestreo de ambas investigaciones, ya que Pronatura y Pérez-Cortéz llevaron a cabo el estudio en tres años y con una mayor cantidad de cámaras-trampa que las utilizadas en esta investigación.

Para el Área de Protección de Flora y Fauna Balam Ka'ax Q. Roo, Pérez-Cortes y Matus-Pérez (2010) reportaron una abundancia de registros fotográficos de 0.03 registros/día-trampa. La diferencia en el número de registros probablemente se deba al menor esfuerzo de muestreo aplicado en su estudio (23 días-trampa)

Los resultados de este estudio indican que el IARf no fue estadísticamente diferente entre sitios, sin embargo en el sur, la aguada “Bonfil” obtuvo la mayor abundancia de fotografías comparada con las demás aguadas. Está aguada se caracteriza por ser una aguada perenne desde



el año 2008 y con una gran cantidad de vegetación hidrófila de la que se puede llegar a alimentar el tapir. Igualmente, Pronatura (Reyna-Hurtado et al. 2010) y Pérez-Cortes (2012) reportan mayor cantidad de registros fotográficos para esta aguada. Bonfil se encuentra a 20 m de la carretera que lleva hacia las ruinas mayas de la RBC y es visitada constantemente por turistas. A pesar de que es una aguada con cierto grado de perturbación, los tapires siguen accediendo a ella, quizá por ser un sitio seguro donde encontrar una fuente de agua permanente y a que los hábitos nocturnos del tapir impiden el encuentro con turistas. Sin embargo, no sabemos que tanto pueda afectar la presencia humana constante en las visitas de los tapires a esta aguada.

Existen diferencias en la cantidad de recursos alimenticios entre ambas reservas. La RBC fue el sitio con mayor cantidad de frutos encontrados en el suelo y mayor cobertura vegetal del sotobosque en especial la parte sur de la zona de estudio. Mientras que la REBK tuvo un menor porcentaje de frutos, menor cobertura vegetal del sotobosque, mayor proporción de selvas bajas subcaducifolias y de selvas caducifolias. Estas diferencias pueden deberse a la influencia del gradiente de humedad norte-sur presente en la Península delimitando a la REBK como una zona más seca que la RBC.

El fruto de *Manilkara zapota* fue el único fruto que estuvo presente en los 3 sitios durante los 4 meses de estudio. Al ser un recurso presente en toda el área de estudio, el zapote podría tener un papel importante en la sobrevivencia del tapir, sobre todo en las zonas secas donde los demás recursos pueden ser escasos. Reyna-Hurtado y colaboradores (2009) reportan resultados similares para los pecaríes labios blancos en la RBC, donde observaron que los pecarís son capaces de sobrevivir en el bosque semi-seco tomando ventaja, entre otros recursos, de los frutos como el zapote y de algunas herbáceas. La vegetación predominante en el sitio de estudio



es la selva mediana, así mismo, la mayor cantidad de huellas de tapir fueron registradas en este tipo de vegetación. Sin embargo, el análisis de Chi Cuadrada determinó que no hubo diferencias entre el uso esperado y el uso observado para los cinco tipos de vegetación, ya que el tapir está usando todos los tipos de vegetación de acuerdo con su disponibilidad, lo que sugiere que en el área de estudio el tapir no tiene preferencias marcadas por algún tipo de hábitat en particular, debido a que cada vez que se encontró una huella esta se ubicaba en un sitio de acuerdo con la disponibilidad natural del tipo de hábitat. Lo que podría sugerir que los tapires pueden acceder a cualquier tipo de vegetación y encontrar alimento.

En un trabajo realizado por Pérez-Cortes (2011) en la RBC, encontró que los registros de huellas de tapir tuvieron una proporción muy similar entre la Selva Mediana Perennifolia, Selva baja Perennifolia y la Selva Baja Caducifolia. En otro estudio llevado a cabo en la región de Calakmul, Reyna-Hurtado y Tanner (2007) reportan que se obtuvieron registros similares para la selva mediana, selvas con bajos inundables y en zonas con vegetación secundaria. Los resultados de estos estudios sugieren que en esta región, el tapir es una especie generalista en cuanto al uso que hace de la vegetación.

Otros estudios reportan que el tapir hace uso de varios tipos de vegetación a través del paisaje (March, 1994; Foerster y Vaughn, 2002; Lira et al., 2004; Naranjo, 2009; Sánchez-Nuñez, et al., 2011) similar a lo reportado en esta investigación donde los resultados sugieren que el tapir se mueve a través del bosque continuo utilizando de igual manera todos los tipos de vegetación. Las reservas de Calakmul y Balam Kú tienen vegetación en buen estado de conservación y de forma continua, además este estudio demuestra que hay disponibilidad de alimentos y agua y al ser áreas naturales protegidas, la cacería es casi nula o inexistente (Reyna-



Hurtado et al. 2010). Estos factores pueden ser una razón de por qué el tapir se desplaza por toda el área en busca de zonas de alimentación o de cuerpos de agua.

Agradecimientos

A la dirección de la Reserva de la Biosfera de Calakmul y al personal que labora en ella por permitirnos el acceso y por el apoyo prestado para realizar esta investigación. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada (No. 393532) al primer autor de este artículo para sus estudios de maestría. Así como por la beca otorgada “Becas mixtas 2012” para realizar una estancia de estudio en el extranjero. A la Dra. Sophie Calmé, Dra. Georgina O´Farril y Dra. Elsa Nickel por sus revisiones y comentarios. Al Biólogo Antonio Jasso y a Nicolás Arias por la ayuda prestada en campo.

Literatura citada

- Arriaga, L., C. Espinoza, E. Aguilar y L. Martínez. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. CONABIO. Gómez eds.
- Bodmer, R. 1990. Fruit patch size and frugivory in the lowland tapir (*Tapirus terrestris*). Journal of Zoology 222:121-128.
- Bolaños, J. E. y E. Naranjo. 2001. Abundancia, densidad y distribución de las poblaciones de ungulados en la cuenca del Río Lacantun, Chiapas, México. Revista Mexicana de mastozoología 5:45-57.
- Byers, C., Steinhorst, K., y R. Krausman. 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. Journal of Wildlife Management 48: 1050-1053.
- Castellanos, A., C. Foerster, D. Lizcano, E. Naranjo, E. Cruz-Aldan, I. Lira-Torres, R. Samudio, S. Matola, J. Schipper, y J. González-Maya. 2008. *Tapirus bairdii*. En: IUCN 2012. IUCN



Red List of Threatened Species. Version 2012.2. Consultado en: www.iunredlist.org el 15 de abril 2013.

Caughley G. 1977. Analysis of vertebrate populations. John Wiley & Sons, New York, USA. 234 p.

Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los Mamíferos silvestres de México. CONABIO/Fondo de Cultura Económica. México. 986 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.

Dillon, A. y M. Kelly. 2007. Ocelot *Leopardus pardalis* in Belize: the impact of trap spacing and distance moved on density estimates. *Oryx* 41:469-477.

Foerster, C. y C. Vaughan. 2002. Home range, habitat use, and activity of Baird's tapir in Costa Rica. *Biotropica* 34: 423-437.

Folan, W. J., J. Gunn, J. Eaton y R. Patch. 1983. Paleoclimatological Patterning in Southern Mesoamerica. *Journal of Field Archaeology* 10 : 453-468.

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. 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.

García-Gil. y I. March. 1990. Elaboración de cartografía temática básica y base geográfica de datos para la zona de Calakmul, Campeche. (Informe Final). Centro de Estudios para la



- Conservación de Recursos Naturales, A.C. Ecósfera. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, 69 p.
- Goulart, F. V. B., N. C. Cáceres, M. E. Graipel, M. A. Tortato, I. R. Ghizoni Jr. y L. G. R. Oliveira-Santos. 2009. Habitat selection by large mammals in a southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 74:182-190.
- Gunn, J. y W. Adams. 1981. Climatic change, culture and civilization in North America. *World Archaeology* 13(1): 85-100.
- Instituto Nacional de Ecología. 1999. Programa de manejo Reserva de la Biosfera de Calakmul, México. INE, México, D. F. Ed. Unidad de Participación Social, Enlace y Comunicación, INE. Primera edición. México.
- Lira, I., E. Naranjo, D. M. Güiris y E. Cruz. 2004. Ecología de *Tapirus bairdii* (Perisodactyla: Tapiridae) en la Reserva de la Biosfera El Triunfo (Polígono I), Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 20(1): 1-21.
- 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.
- Martínez, E. y C. Galindo-Leal. 2000. La vegetación de Calakmul: descripción, composición y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. No impreso.
- Mendoza, E. y J. Carbajal. 2011. Avances y perspectivas para la conservación del tapir centroamericano en México. *CONABIO. Biodiversitas*, 99:12-16.



- Muench, C. E. 2001. Patrones de uso del hábitat del tapir (*Tapirus bairdii*) en dos localidades de la Selva Lacandona, Chiapas. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Naranjo, E. 1995. Hábitos de alimentación del tapir (*Tapirus bairdii*) en un bosque tropical húmedo de Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical* 4:32-37.
- Naranjo, E. 1998. Ecología del tapir en la Sierra Madre de Chiapas. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N. G021. México, D.F.
- Naranjo, E. 2001. El tapir en México. *Biodiversitas* 36:1-3.
- Naranjo, E. 2009. Ecology and Conservation of Baird's tapir in México. *Tropical Conservation Science*. 2:140-158.
- Naranjo, E. y R. 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. y E. Cruz. 1998. Ecología del tapir en la Reserva de la Biosfera La Sepultura. *Acta Zoológica Mexicana* 73:111-125.
- Nolasco, A. 2009. Distribución actual y estado de conservación del tapir centroamericano *Tapirus bairdii* Gill, 1985 (Perissodactyla: Tapiridae) en México. Tesis de licenciatura, Facultad de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Nolasco, A., I. Lira y G. Ceballos. 2007. Ampliación en el área de distribución histórica del tapir (*Tapirus bairdii*) en el Pacífico mexicano. *Revista Mexicana de Mastozoología*. 11: 91-94.



- Olmos, F. 1997. Tapirs as seed dispersers and predators. En Tapirs: status survey and conservation action plan. D. M. Brooks, E. Bodmer, S. Matola, (eds.). IUCN/SSC Tapir Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. p. 3-9.
- O'Farril, G., S. Calme y A. González. 2006. Manilkara zapota: A new record of species dispersed by tapirs. The Newsletter of the IUCN/SSC Tapir Specialist Group 15:32-35
- O'Farrill, G., S. Calmé y A. González. 2007. Interacciones en peligro: El caso del tapir y el zapote. Ecofronteras 31:18-20.
- O'Farrill G., M. Galetti, A. Campos-Arceiz. 2013. Frugivory and seed dispersal by tapirs: an insight on their ecological role. Integrative Zoology 8: 4-17.
- Pereira, G. 2011. Mamíferos carnívoros en un paisaje agrícola: distribución, selección de hábitat y patrones de movimiento. Tesis, Estación biológica Doñana CSIC. Universidad de Granada. Granada, España. 157 p.
- Pérez-Cortez, S. 2011. Distribución y abundancia del tapir (*Tapirus bairdii*) en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, México. Tesis de maestría, El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, México.
- Pérez-Cortez S., P. Enríquez, D. Sima-Panti, R. Reyna-Hurtado y E. Naranjo. 2012. Influencia de la disponibilidad de agua en la presencia y abundancia de *Tapirus bairdii* en la selva de Calakmul, Campeche, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 753-761.
- Pérez-Cortez, S. y E. S. Matus-Pérez. 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.
- Reyna-Hurtado, R. 2002. Efectos de la cacería en las especies de ungulados de Calakmul, México. Tesis de maestría, Universidad de Florida. 81 p.



- Reyna-Hurtado, R., E. Naranjo, C.A. Chapman and G.W. Tanner. 2010. Hunting and the conservation of a social ungulate: the white-lipped peccary *Tayassu pecari* in the reserve Calakmul, Mexico. *Oryx* 44:88-96
- Reyna-Hurtado, R. G. O’Farril, D. Sima, M. Andrade, A. Padilla y L. Sosa. 2010. Las aguadas de Calakmul, reservorios de fauna Silvestre y de la riqueza natural de México. *Biodiversitas* 93: 1-6.
- Reyna-Hurtado, R., E. Rojas-Flores y W. Tanner. 2009. Home rang and hábitat preferences of white-lipped peccaries (*Tayassu pecari*) in Calakmul, Campeche, México. *Journal of Mammalogy*, 90 : 1199–1209.
- Robinson, J. y K. Redford. 1994. Measuring the sustainability of hunting in tropical forests. *Oryx* 28:249-256.
- Sánchez-Núñez, E., H. Ortíz y E. Arellano. 2011. Abundancia y uso de hábitat del tapir (*Tapirus bairdii*) en Frontera Corozal, Selva Lacandona, Chiapas, México. *Tapir Specialist Group* 20: 25-29.
- 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.
- Sokal RR y JF. Rohlf. 1981. *Statistical tables*. WH. Freeman y Co. New York, USA. 859 p.
- Tobler, M. 2002. Habitat use and diet of Baird’s tapirs (*Tapirus bairdii*) in a Montane Cloud Forest of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Biotropica* 34:468-474.
- Tobler M. W., E. J. Naranjo y I. Lira-Torres. 2006. Habitat preference, feeding habits and conservation of Baird’s tapir in Neotropical montane oak forests. p. 347-361. En:



Kaapelle, M. (ed). Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests.
Springer-Verlag, Germany.

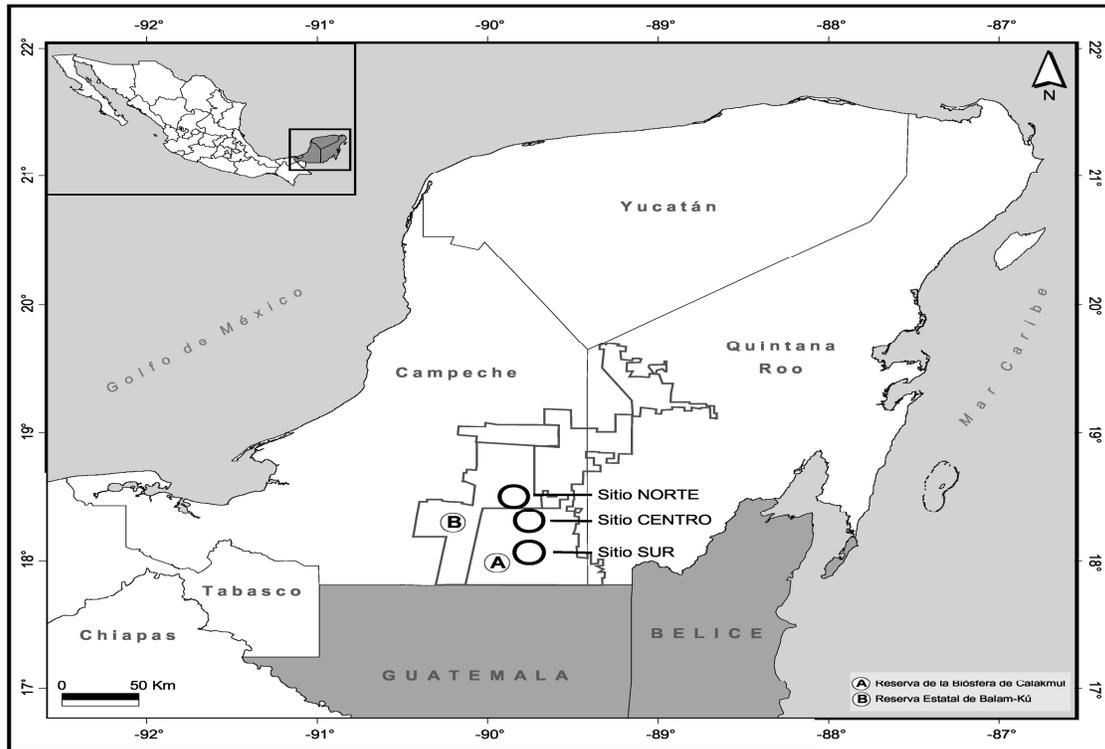


Figura 1. Sitios de estudio en la Reserva de la Biosfera de Calakmul y la Reserva Estatal de Balam Kú, Campeche, México.

