

Potential distribution of the Central American tapir
in the Yucatán peninsula

Distribución potencial del tapir centroamericano en la península de Yucatán

Natalia Carrillo^{1*}, Holger Weissenberger² y Rafael Reyna-Hurtado³

¹ Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, Manejo y Conservación de los Recursos Naturales, El Colegio de la Frontera Sur. Ave. Centenario Km 5.5 Carretera Calderitas, Chetumal 77900. Quintana Roo, México. E mail: ncarrillo@ecosur.edu.mx (NC).

² Dirección Académica, Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística, El Colegio de La Frontera Sur. Ave. Centenario Km 5.5 Carretera Calderitas, Chetumal 77900. Quintana Roo, México. E mail: holgerweissen@ecosur.mx (HW).

³ Ecología para la Conservación de la Fauna Silvestre, Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur. Av. Rancho Polígono 2A, Parque Industrial, Lerma, Campeche 24500, México. Email: rreyna@ecosur.mx (RRH).

* Autor de correspondencia

Introduction: The habitat is used differentially by different species, depending on their feeding and breeding habits, space requirements and tolerance to areas with lower quality conditions. The way we understand the requirements for each species and individual will be different according to the spatial scale of habitat being studied, therefore habitat selection must be analyzed at different spatial scales. In a wide scale (biogeographic) the establishments of a species are mainly influenced by types of climate, vegetation and altitude. At a local scale (*i. e.* in a 10 km² patch) the variables that influence the presence of the species could be food availability, predation risk and competition. Knowing the spatial distribution of an organism at regional and biogeographic scales and the factors that influence them, will allow to propose conservation areas targeted for a species or population, since its geographic variation allows us to identify areas with higher value for ecological conservation. The aim of this study was to evaluate the potential distribution of Baird's tapir (*Tapirus bairdii*) in the Yucatan peninsula, México and determine the climatic variables that influence such distribution.

Methods: We performed a species distribution modeling approach using a Maximum Entropy analysis (Maxent; Phillips *et al.* 2006) that use environmental variables to predict the potential distribution of an organism in a given geographic area given presence records. To obtain the tapir occurrence records a search was performed on academic and governmental information sources (Appendix I). Only data obtained in the Yucatan peninsula over the past 10 years were selected. For the model generation we used the bio-climatic variables obtained from WorldClim, which provides global climate layers with information derived from monthly values of temperature and precipitation.

Results: According to the influence of climate variables, the tapirs in the Yucatan peninsula occur in places with high rainfall and when the temperatures are not high (Figure 3). The answer to these variables confirms the need for this mammal to inhabit areas where sufficient water is ensured for his maintenance. Additionally, potential distribution areas were identified where studies are required to confirm the presence of the species and the possibility to integrate them into conservation plans.

Discussion and conclusions: The potential distribution model suggests areas where tapirs can be distributed but there are no presence records and where records are only for sightings, as is the central part of the state of Campeche, close to forests of the Biosphere Reserve of Sian Ka'an, and the coastal strip Majahual-Xcalak and around Lake Bacalar in the state of Quintana Roo. Studies on these sites are recommended to check for the presences of tapirs. The potential distribution model is a useful tool to propose conservation and management plans in areas that do not have any protection, and to know the climate variables suitable for the distribution of the species that may be applicable at the time of proposing biological corridors. It is also important to be aware of change in land use in areas where yet the tapir is distributed to carry out management plans and conservation of these areas.

Key words: connectivity; land change use; natural protected area; potential distribution.

Introducción: El hábitat es usado de forma diferente por distintas especies, dependiendo de su alimentación, hábitos reproductivos, requerimientos de espacio y tolerancia a áreas con condiciones de menor calidad. La forma en que entendemos los requerimientos de cada especie e individuo será diferente de acuerdo con la escala espacial del hábitat que se estudie; por lo tanto, la selección de hábitat debe ser analizada a diferentes escalas espaciales. A una escala amplia (biogeográfica), el establecimiento de una especie se verá influido por los tipos de clima, vegetación y altitud. A una escala local (*i. e.* en un parche 10 km²), las variables que influyen sobre la presencia de las especies pueden ser la disponibilidad de alimento, el riesgo de depredación y la competencia. Conocer la distribución espacial de un organismo a escalas regionales y biogeográficas, así como los factores que influyen sobre ésta, resulta de gran utilidad para proponer áreas de conservación enfocadas en una especie o población, ya que su variación geográfica nos permite señalar las áreas con mayor valor ecológico para su conservación. El objetivo de este estudio fue evaluar la distribución potencial del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en la península de Yucatán, y determinar las variables climáticas que influyen en dicha distribución.

Métodos: Para ello, se desarrolló un modelo de distribución de especies utilizando el análisis de Máxima Entropía (Maxent; Phillips *et al.* 2006) que usa variables ambientales para predecir la distribución de un organismo en un área geográfica dada con base en los registros de presencia de la especie. Para obtener los registros de tapir, se buscaron datos de presencia en diferentes fuentes de información, tanto académicas como gubernamentales (Apéndice I). Únicamente se seleccionaron los datos obtenidos en la península de Yucatán durante los últimos 10 años. En cuanto a la parte climática, se utilizaron las variables bioclimáticas obtenidas de WorldClim, las cuales proporcionan capas con información climática global derivadas de valores de temperatura y precipitación mensuales.

Resultados: De acuerdo con 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 (Figura 3). La respuesta a dichas variables confirma la necesidad de este mamífero de habitar en zonas donde se asegure una cantidad suficiente de agua para sobrevivir. Adicionalmente, se identifican zonas de distribución potencial por las características climáticas idóneas en las que el tapir puede distribuirse. Sin embargo, se requieren estudios para descartar o confirmar la presencia de la especie y contemplar la posibilidad de integrar estas zonas a planes de conservación, como áreas donde los registros correspondan únicamente a avistamientos y atropellamientos, y donde el modelo confirme una fuerte probabilidad de presencia de tapires.

Discusión y conclusiones: El modelado de distribución potencial de las especies es una herramienta útil para proponer planes de conservación y manejo en zonas que aún no cuentan con algún nivel de protección. Ejemplos de lo anterior son la parte central del estado de Campeche, los bosques cercanos a la Reserva de la Biosfera de Sian Kaan y la franja costera Majahual-Xcalak, así como los alrededores de la laguna de Bacalar, en el estado de Quintana Roo. Conocer las variables climáticas aptas para la distribución de la especie puede ser de gran utilidad en el momento de proponer corredores biológicos. Asimismo, es importante conocer el cambio de uso de suelo en las áreas donde aún se distribuye el tapir, a fin de llevar a cabo planes de manejo y conservación de estas zonas.

Palabras clave: área natural protegida; cambio de uso de suelo; conectividad; distribución potencial.

Introducción

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 la escala radica en que cada proceso ecológico ocurre a escalas espaciales y temporales muy diferentes (Levin 1992; Turner *et al.* 2001). Los patrones de distribución de los organismos suceden 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). La selección de hábitat, por lo tanto, debe ser analizada a diferentes escalas espaciales, ya que la forma en que entendemos los requerimientos de cada especie e individuo será diferente de acuerdo con la escala espacial que se estudie (Saab 1999; Goulart *et al.* 2009; Chavez 2010). A una escala amplia (biogeográfica), el establecimiento de una especie se verá influido principalmente por los tipos de clima, vegetación y altitud, entre otros factores. A una escala local (*i. e.* en un parche de 10 km²), las variables que influyan pueden ser la disponibilidad de alimento, el riesgo de depredación y las interacciones competitivas (Pedlar *et al.* 1997; Pérez-Solano 2011).

Es fundamental, entonces, conocer cuáles son los requerimientos ambientales, biológicos y ecológicos de los organismos, y a qué escala ocurren para así interpretar cómo reaccionan a los

cambios ambientales y a la reducción de los ambientes naturales, en particular, las especies en peligro de extinción. Lo anterior nos permitirá conocer mejor el hábitat al que se encuentran asociadas dichas especies y así desarrollar estrategias de manejo y conservación (Foerster y Vaughn 2002; Hernández *et al.* 2006; de Villa Meza 2006; Goulart *et al.* 2009).

En el ámbito global, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza considera al tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en peligro de extinción (UICN 2013; Castellanos *et al.* 2008). En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales lo considera también en peligro de extinción, así como especie prioritaria de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010). Es el mamífero terrestre más grande del neotrópico, una de las cuatro especies que conforman la familia Tapiridae y una de las tres que se encuentran en el continente americano (Tobler 2006; 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). Sin embargo, en los últimos 30 años, las poblaciones de tapir Centroamericano se han reducido en 50% en toda su área de distribución (Castellanos *et al.* 2008). En México, su distribución actual abarca solamente alrededor de 45 % de lo que era su distribución histórica (Nolasco *et al.* 2007). Dicha reducción en las poblaciones se debe principalmente a la deforestación y a la fragmentación de su hábitat, a la cacería y a las muertes producidas en encuentros incidentales con humanos (Robinson y Redford 1994; Naranjo 2009).

El sureste del país constituye una región crítica para conservar el tapir centroamericano, en virtud de la extensión de hábitats adecuados (selvas y humedales) que aún mantiene, así como del tamaño de las poblaciones que concentra: según estimaciones, cerca de 50 % del total de la población global (Naranjo 2009; Mendoza y Carbajal 2011). Si bien existe consenso en cuanto al papel crítico que desempeñan las grandes reservas del sureste del país (Montes Azules, La Sepultura, El Triunfo, Sian Ka'an y Calakmul), los estudios, en su mayoría, se han llevado a cabo en las áreas naturales protegidas del estado de Chiapas. Existe muy poca información sobre la importancia de las reservas en la península de Yucatán; tampoco se han tomado en cuenta los grandes parches de hábitat conservado que todavía permanecen sin protección, ni los ejidos con ampliaciones forestales para mantener las poblaciones de esta especie (Mendoza y Carbajal 2011).

Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la distribución potencial del tapir centroamericano en la península de Yucatán, en el sur de México. Se basa en el modelado de distribución de especies y utiliza un análisis de Máxima Entropía (Maxent; Phillips *et al.* 2006). Fueron identificadas áreas importantes para la especie y su conservación, así como las variables ambientales relevantes que influyen en su distribución a una escala biogeográfica.

Materiales y métodos

Área de estudio. La península de Yucatán cubre un territorio de 138,000 km² (CRUPY 2007) y está integrada por los estados mexicanos de Yucatán, Quintana Roo y Campeche. No obstante, estudios geofísicos de Lugo-Hubp y colaboradores (1992) indican que junto a Belice y el Petén, en Guatemala, se conforma una gran cuenca. La península presenta un gradiente de humedad del noroeste hacia el sureste (Gunn y Adams 1981; Folan *et al.* 1983) con precipitaciones que varían de 600 mm en el norte a 1,400 mm en el sur. En la península 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). Uno de los rasgos más peculiares de la península es la ausencia de prominencias morfológicas de importancia, de tal forma que 90 % de su superficie se encuentra a menos de 200 metros de elevación (Kauffer y Villanueva 2011).

Registros de presencia. Para aplicar el modelo, se elaboró una base de datos con los registros georreferenciados de tapir centroamericano en la península de Yucatán durante los últimos 10

años (Apéndice II). A fin de obtener estos registros, se buscaron datos de la presencia del tapir; para ello, fueron consultadas las siguientes fuentes:

1) 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 el tapir centroamericano en la región. Estas últimas fueron solicitadas y proporcionadas por los investigadores y estudiantes que las elaboraron.

2) Investigadores y personas especializadas en el tema y en la región, a quienes se les solicitó datos de registros individuales de tapir aún no publicados. En su mayoría, fueron datos de avistamientos y atropellamientos que poseen los investigadores y los pobladores, pero que no se han registrado en ninguna publicación ni trabajo científico. No hay planes a corto plazo para publicarlos.

3) Direcciones de áreas naturales protegidas en la península de Yucatán, a las que se les solicitó datos de avistamientos y rastros de tapir. Cabe mencionar la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, el parque natural Xcalak, el área de protección de flora y fauna Balam Ka'ax y el área de protección de flora y fauna Yum Balam, en Quintana Roo. Particularmente, en las reservas de Yucatán no hubo posibilidad de contactar direcciones ni se encontraron personas enteradas de registros confiables de tapir en la región. Tampoco se obtuvo conocimiento de registros o avistamientos en la reserva de los Petenes, en Campeche.

4) Colecciones científicas en la base de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y en la colección de El Colegio de la Frontera Sur, unidad Chetumal.

Información climática. Como variables ambientales, se utilizó 11 capas bioclimáticas disponibles en WorldClim (Hijmans *et al.* 2005). Se seleccionaron estas variables (Tabla 1) por tener un mayor aporte en la generación del modelo de acuerdo con la ejecución, en repetidas ocasiones, del modelo con la aplicación de todas las variables ambientales disponibles (19 variables) y su posterior discriminación y selección (Phillips *et al.* 2006). Las variables bioclimáticas son derivadas de valores de temperatura y precipitación mensuales, con objeto de generar variables con mayor aplicación biológica. Dichas variables pueden presentarse como tendencias anuales (e. g. media de temperatura y precipitación anual), estacionales (e. g. rango anual de temperatura y precipitación), y factores ambientales limitantes o extremos (e. g. temperatura o precipitación del mes más frío o más cálido). Se trabajó en todas las variables a una resolución de pixel de 1 km².

Con la finalidad de estimar cuáles son las variables más importantes en el modelo, se realizó un análisis de Jackknife, que crea un conjunto de modelos en los cuales excluye una variable en

Tabla 1. Capas climáticas utilizadas para elaborar el modelo de distribución potencial del tapir centroamericano en la península de Yucatán, México. Fueron ordenadas de acuerdo con el aporte en la generación del modelo.

Clave	Descripción de la variable
Bio 13	Precipitación del mes más lluvioso (mm)
Bio 2	Media del intervalo diario (media del mes (max-temp-min temp))
Bio 8	Temperatura media del trimestre más lluvioso (°C)
Bio 19	Precipitación del trimestre más frío (mm)
Bio 15	Coefficiente de variación de las precipitaciones estacionales
Bio 9	Temperatura media del trimestre más seco (°C)
Bio 6	Temperatura mínima del mes más frío (°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)

cada iteración y crea un modelo con las variables restantes; asimismo, crea un modelo usando cada variable sola, de manera aislada, y para tener un comparativo entre ambos modelos, se crea, adicionalmente, otro modelo con todas las variables juntas.

Modelado de distribución potencial. Para modelar la distribución potencial del tapir, se realizó un modelado de distribución de especies con el análisis de Máxima Entropía (Maxent; Phillips *et al.* 2006) y con base en los registros espaciales de presencia de la especie y de las variables ambientales limitadas al área de estudio. Este modelo proporciona conocimiento sobre los requerimientos ambientales de las especies y los factores que influyen en su adaptación al ambiente (*e. g.* el tipo de clima, la vegetación, la altura o el relieve). De esta manera, se logra inferir qué características del ambiente en un área determinada serán las más idóneas para la sobrevivencia del tapir (Phillips *et al.* 2006). Con el propósito de 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 ello, se eligió 75 % de los datos como registros de entrenamiento (eliminados los datos duplicados) y 25 % como datos de evaluación seleccionados al azar. Maxent, además, proporciona la opción de aplicar el mismo modelo en múltiples ocasiones para promediar los resultados; en consecuencia, se realizaron 15 réplicas que aportaron información sobre la cantidad de variabilidad del modelo (Young *et al.* 2011). Maxent elabora un mapa en formato raster con valores de 0 a 1, que representa la probabilidad de encontrar las mejores condiciones para la especie (Young *et al.* 2011). Los valores umbrales de idoneidad se basan en una validación estadística que el modelo realiza por medio de una prueba binomial. En este caso, para conocer todas las posibilidades de distribución de los tapires, se eligió el “umbral mínimo logístico de presencia”.

Para probar el rendimiento del modelo y la capacidad discriminatoria, se utilizó la información de la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) y el valor AUC de evaluación (Area Under the Curve). Un valor de AUC cercano a 0.5 indica que la ejecución del modelo no es mejor que el azar, mientras que valores cercanos a 1 indican un mejor desempeño del algoritmo (Phillips *et al.* 2006).

Resultados

En total, se obtuvo 265 registros de tapir centroamericano para ejecutar el modelo (Apéndice II). Se obtuvo un valor de área bajo la curva (AUC) de 0.939 para los datos de entrenamiento, y 0.913 para los datos de validación. Lo anterior indica buen desempeño y capacidad discriminatoria del modelo. Las principales variables ambientales para predecir la presencia del tapir centroamericano son 1) La temperatura media del trimestre más lluvioso. 2) La precipitación del mes más lluvioso. 3) El intervalo de temperatura media diurna. 4) La temperatura media del trimestre más seco. 5) La precipitación del trimestre más lluvioso. 6) La temperatura mínima del mes más frío. Estas variables contribuyen en casi 89 % para predecir la presencia de la especie (Tabla 2).

De acuerdo con la prueba de Jackknife, al desarrollar un modelo con cada variable de manera aislada, la que contribuye con una mayor ganancia en la generación del modelo por sí sola es la temperatura media del trimestre más lluvioso. Las variables cinco (precipitación del mes más lluvioso) y cuatro (temperatura media del trimestre más seco) resultaron ser irremplazables, ya que al ser eliminadas del modelo contribuyen a que el mayor ajuste del modelo se pierda (Figura 1).

Tabla 2. Estimado de contribución de las variables ambientales para elaborar el modelo de distribución potencial del tapir centroamericano en la Península de Yucatán, México.

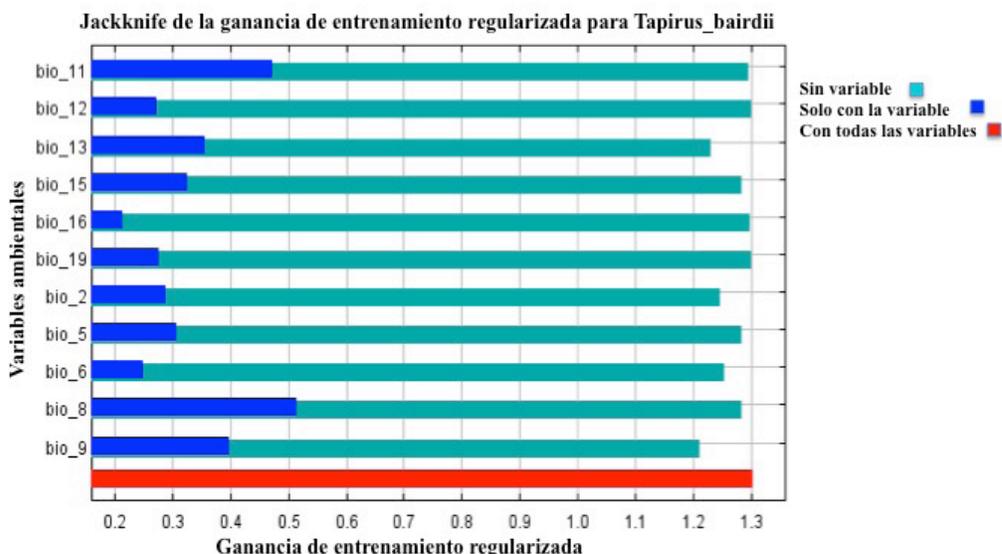
Variable	% de contribución
Temperatura media del trimestre más lluvioso (° C) (bio_8)	23.10%
Precipitación del mes más lluvioso (mm) (bio_13)	18.10%
Media del intervalo diurno (media del mes(max-temp-min temp)) (bio_2)	17.00%
Temperatura media del trimestre más seco (° C) (bio_9)	11.90%
Precipitación del trimestre más lluvioso (mm) (bio_16)	10.70%
Temperatura mínima del mes más frío (° C) (bio_6)	7.70%

Mapa de distribución potencial. En este caso, el “umbral mínimo logístico de presencia” indica que las condiciones más adecuadas para verificar la presencia del tapir se encuentran por arriba del umbral 0.37, y las menos adecuadas, por debajo de él (es decir, 0.37 indica las zonas con pocas condiciones idóneas para el tapir; Figura 2). Dos zonas de distribución potencial sugeridas, y donde aún no se cuenta con registros confiables 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). La franja costera Majahual-Xcalak es otra área predicha, la cual se delimita como una zona con condiciones adecuadas para la especie.

Discusión

Los tapires habitan preferentemente en áreas boscosas extensas, con poca perturbación humana y presencia permanente de agua (March y Naranjo 2005). Sin embargo, en la búsqueda de recursos, pueden llegar a utilizar varios tipos de hábitat a través del paisaje (Foerster y Vaughan 2002; Naranjo 2009; Lira-Torres y Briones-Salas 2012; Carrillo *et al.* 20135). En México, el tapir centroamericano se distribuye en bosques tropicales y bosques de montaña, en altitudes que van desde los 0 hasta

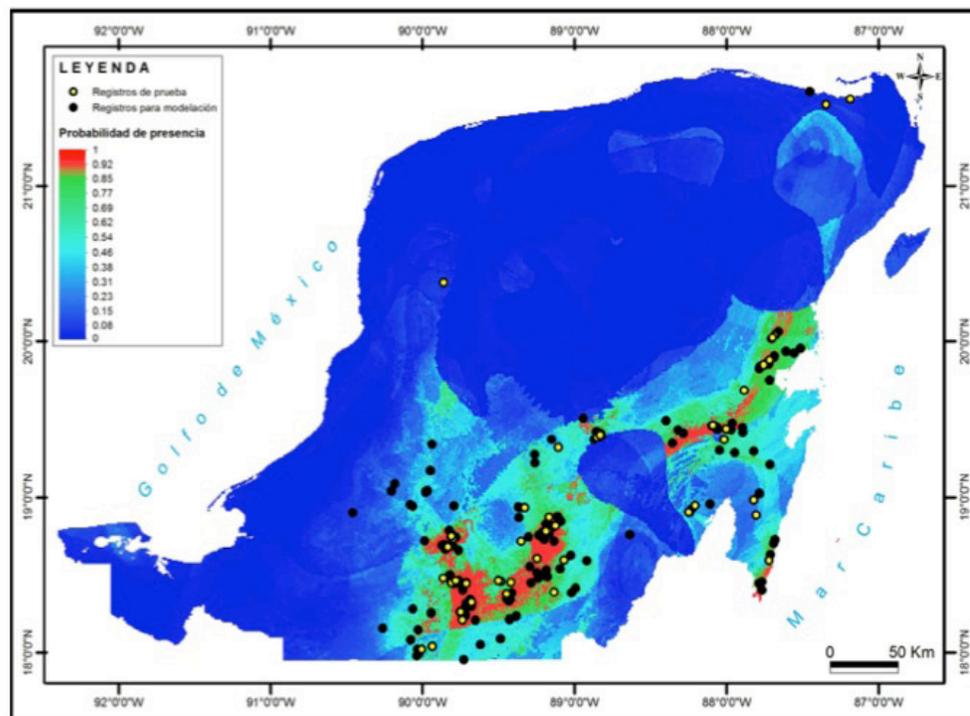
Figura 1. Importancia de cada variable climática en el modelo de distribución potencial, de acuerdo con la prueba de Jackknife. La línea roja representa la ganancia del modelo utilizando todas las variables; las líneas azules muestran la ganancia del modelo utilizando cada variable de manera aislada, y las líneas turquesas representan la ganancia del modelo cuando se excluye cada variable.



los 2,000 m (Naranjo 2009); abarcan gran variedad de climas, desde los costeros y con poca precipitación hasta el bosque nuboso. En Costa Rica, se ha reportado la presencia de tapir centroamericano arriba de los 3,600 m (Naranjo y Vaughan 2000; F. Carbonell, comunicación personal, noviembre 2012). Pese a lo anterior, la acelerada pérdida de hábitat provoca que los tapires se vean relegados a las pocas áreas naturales protegidas; por lo tanto, es importante delimitar sus preferencias climáticas, para, junto con el conocimiento que se ha generado acerca de sus preferencias de hábitat, se pueda inferir con más certeza la gama completa de requerimientos ecológicos en el intento de someter nuevas áreas de distribución potencial a la protección legal.

El presente estudio concuerda con los datos conocidos acerca de los requerimientos ambientales de los tapires. Es posible inferir que la influencia de la variable “precipitación del mes más lluvioso” en la presencia del tapir puede deberse a que una mayor cantidad de lluvia asegura mayor producción vegetal y mayor disponibilidad de agua. La respuesta a dicha variable confirma, además, la necesidad de este mamífero de habitar en zonas donde se asegure una cantidad suficiente de agua para su mantenimiento. Las variables “temperatura del trimestre más lluvioso” (julio-octubre: CONAGUA) y “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 llueva mucho y las temperaturas no son muy altas (Figura 3). Similares resultados encuentra Nolasco (2009), quien realizó un modelo para conocer la distribución actual e histórica del tapir en México y señala que la variable ambiental que obtuvo un mayor porcentaje en la determinación de la presencia del tapir fue la precipitación anual.

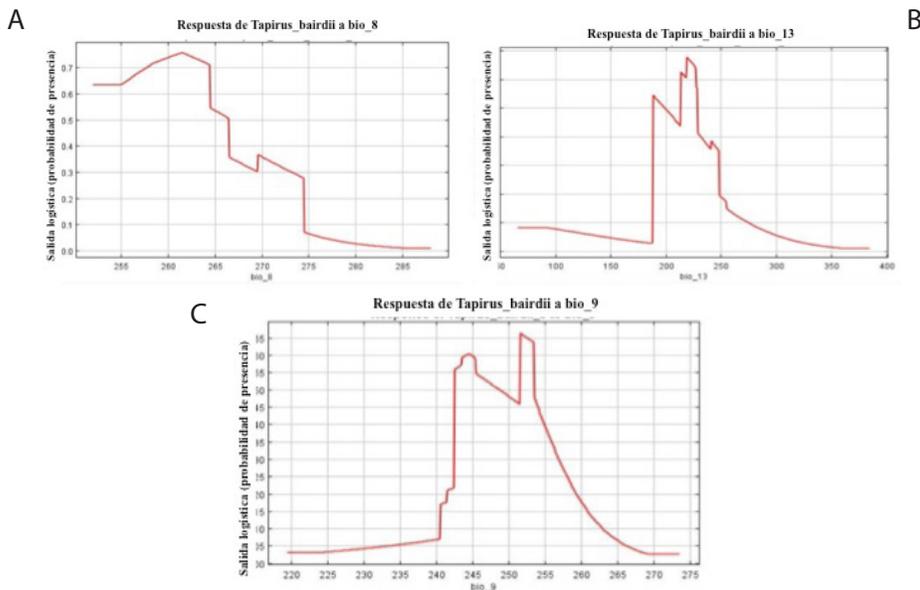
Figura 2. Mapa de distribución potencial de *Tapirus bairdii* en la península de Yucatán. El color rojo representa las áreas con las mejores condiciones para la presencia de la especie; el verde turquesa, las zonas con condiciones medias, y el azul, las zonas de baja o nulas condiciones aptas para la especie. Los puntos negros representan los “datos de entrenamiento” y los amarillos los “datos de validación”.



La variable “temperatura del trimestre más seco del año” indica que el tapir se distribuye en zonas cuya temperatura media se encuentra entre 24 y 27 °C en los meses más secos (febrero-mayo; Mardero 2012; Figura 3). Cuando la temperatura aumenta o disminuye fuera de este intervalo, descende la probabilidad de presencia del tapir; por ello puede inferirse que esta especie habita preferentemente en zonas donde, en los periodos más secos del año, las temperaturas no sean muy altas. De acuerdo con el mapa de distribución potencial generado en este estudio, 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, que indica un aumento en la precipitación y una disminución de la temperatura que va del norte al sur (Gunn y Adams 1981; Folan *et al.* 1983). Lo anterior sugiere que los tapires no se distribuyen en zonas más calientes y con escasa precipitación.

Algunas zonas de distribución potencial sugeridas (centro del estado de Campeche y la parte este del estado de Quintana Roo) indican sitios donde se propone llevar a cabo estudios para verificar la presencia y, en tal caso, la abundancia de tapires. Estos resultados coinciden con los de Nolasco (2009), quien priorizó cuatro áreas de distribución en el país, entre ellas la Reserva de la Biosfera de Calakmul y áreas adyacentes, así como la Reserva de la Biosfera de Sian Ka’an y áreas adyacentes. La franja costera Majahual-Xcalak es otra área predicha, la cual se delimita como una zona con condiciones adecuadas para la especie. Aunque en esta región sí se cuenta con registros de la especie, éstos corresponden solamente a datos sobre animales atropellados o avistamientos realizados por pobladores e investigadores (J. Gómez, comunicación personal 2013). En el mapa de distribución potencial (Figura 2), es posible ubicar zonas con características climáticas aptas para los tapires. Es el caso de la franja al sureste de la ciudad de Chetumal y del cauce del Río Hondo en la frontera con Belice. En esta región, se han avistado tapires, específicamente en la Laguna Milagros, ubicada en el poblado de Huay Pix, a 10 minutos de la ciudad de Chetumal (J. Pérez Flores, comunicación personal, marzo 2013).

Figura 3. Curvas de respuesta de *Tapirus bairdii* a las variables climáticas predichas por el Modelo de Máxima Entropía en la península de Yucatán. Los datos de temperatura están en unidades de °C x 10 (Hijmans, 2006). A) Probabilidad de presencia de *T. bairdii*, de acuerdo con la temperatura media del trimestre más lluvioso. B) Probabilidad de presencia de *T. bairdii*, de acuerdo con la precipitación del mes más lluvioso. C) Probabilidad de presencia de *T. bairdii* de acuerdo con la temperatura del trimestre más seco.



Por otra parte, Vaca *et al.* (2012) indican que la deforestación en el sureste de México se ha acelerado entre 1999 y 2006. El mapa de distribución potencial muestra 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 dudas la presencia de la especie en esas áreas. Es importante conocer el cambio de uso de suelo en las áreas donde aún se distribuye el tapir para llevar a cabo planes de manejo y conservación de esas zonas. Según la carta de vegetación elaborada por Instituto Nacional de Estadística y Geografía (1999), la mayor parte de la península de Yucatán es apta para contar con la presencia de tapir, debido a los bosques tropicales en buen estado de conservación. No obstante, conociendo la influencia de variables climáticas en la presencia de tapir, puede hacerse una delimitación más certera de áreas con probabilidad de presencia.

Si el modelo generado por Maxent en esta investigación, que contempla solo variables climáticas, se complementa y afina con información de uso de suelo y variables de vegetación, puede resultar una herramienta sumamente útil para proponer nuevos sitios de investigación sobre la especie. Igualmente al conocer el estado en el que se encuentran los parches y remanentes de bosque es posible delimitar la presencia de corredores naturales. Si los resultados generados por Maxent son verificados en campo es posible generar programas de manejo y protección de nuevas áreas de distribución de esta especie en peligro de extinción.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada (núm. 393532) al primer autor de este artículo para llevar a cabo sus estudios de maestría, así como por la beca otorgada "Becas mixtas 2012" para realizar una estancia de estudio en el extranjero. A todas las personas que colaboraron con datos de registros de tapir para esta investigación. A B. Scmook, S. Calmé, G. O'Farril y E. Nickel, por sus revisiones y comentarios. A Jasso y N. Arias por la ayuda prestada en campo. Este proyecto fue financiado por el Fondo Sectorial CONACYT-SEMARNAT (clave SEMARNAT-2008-C01-108348).

Literatura citada

- BROWN, J. H., y M. V. LOMOLINO.** 1998. Distribution of single species. Pp. 61-93 en Biogeography (Brown, J. H., y M. V. Lomolino, eds.). Segunda edición, Sinauer Associates Incorporation. Massachusetts, EE. UU.
- CARRILLO, N., R. REYNA-HURTADO, y B. SCHMOOK.** 2015. Abundancia relativa y selección de hábitat de *Tapirus bairdii* en las reservas de Calakmul y Balam kú, Campeche, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 86:202-207.
- 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.
- CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO PENÍNSULA DE YUCATÁN (CRUPY).** 2007. Universidad Autónoma de Chapingo, Mérida, Yucatán, México. Consultado en: <http://www.crupy-uach.org.mx> el 8 de septiembre 2015.
- 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.

- 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. Ciudad de México, México..
- 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.
- 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 "Memorandum de Entendimiento para la Cooperación en Materia de Conservación de Áreas Protegidas".
- 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.
- GUNN, J., Y R. E. ADAMS.** 1981. Climatic change, culture and civilization in North America. *World Archaeology* 13:85-100.
- 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/> el 12 de enero 2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI).** 1999. Cartas de uso de suelo y vegetación. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/usuarios/> el 25 de marzo 2013
- KAPPELLE, M., Y A. D. BROWN.** 2001. Bosques nublados del Neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica.
- KAUFFER, M., Y C. L. VILLANUEVA.** 2011. Retos de la gestión de una cuenca construida: la península de Yucatán en México. *Aqua-lac* 3:81-91.
- LEVIN, S. A.** 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* 73:1943-1976.
- LAWTON, R. O.** 2000. Baird's tapir. Pp. 2342-2343 en *Monteverde: ecology and conservation of a tropical cloud forest* (Nadkarni, N. M., y N. T. Wheelwright, eds.). Oxford University Press. New York, EE. UU.
- 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* (n. s.) 28:566-585.
- LOPEZ DE CASENAVE, J., L. MARONE, F. JAKSIC, Y P. CAMUS.** 2007. Escalas. Pp. 193-213 en *Ecología de Comunidades* (Jaksic, F., y L. Marone, eds.). Segunda edición ampliada. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile, Chile.
- LUGO-HUBB, J., J. ACEVES QUESADA, Y R. ESPINOSA-PEREÑA.** 1992. Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. *Instituto de Geología* 10:143- 150.
- MENDOZA RAMÍREZ, E., Y J. P. CARBAJAL BORGES.** 2011. Avances y perspectivas para la conservación del tapir centroamericano en México. *Biodiversitas* 99:12-16.
- MARCH, I. J. Y E. NARANJO.** 2005. Orden Perissodactyla. Pp. 495-497. En *Los mamíferos silvestres de México* (Ceballos, G., y G. Oliva, coords.). CONABIO. Fondo de Cultura Económica. México.

- 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. 78:19-33.
- NARANJO, E.** 2002. Population ecology and conservation of ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. Tesis postdoctoral, Universidad de Florida. Gainesville, EE. UU.
- NARANJO, E.** 2009. Ecology and Conservation of Baird's tapir in Mexico. *Tropical Conservation Science* 2:140-158.
- NARANJO, E. J., y C. VAUGHAN.** 2000. Ampliación del ámbito altitudinal del tapir Centroamericano (*Tapirus bairdii*). *Revista de Biología Tropical* 48:724.
- NOLASCO, A. L., 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.
- 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. Ciudad de México, México.
- PEDLAR, J. H., L. FAHRIG, y H. G. MERRIAM.** 1997. Raccoon habitat use at two spatial scales. *The Journal of Wildlife Management* 61:102-112.
- 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, México.
- PHILLIPS, S., R. ANDERSON, y R. SCHAPIRE.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190:231-259
- REID, F. A.** 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press. New York, EE.UU.
- ROBINSON, J., y K. REDFORD.** 1994. Measuring the sustainability of hunting in tropical forests. *Oryx* 28:249-256.
- SAAB, V.** 1999. Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forest: a hierarchical analysis. *Ecological applications* 9:135-151.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT).** 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010:1-56.
- 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. Pp. 347-361 en *Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests* (Kappelle, M. eds). Springer-Verlag. Munich, Germany.
- TURNER, M., R. H. GARDNER, y R. V. O'NEILL.** 2001. Landscape ecology in theory and practice: pattern and process. Springer-Verlag. New York, EE. UU.
- UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA, LISTA ROJA DE ESPECIES AMENAZADAS.** 2013. Consultado en: <http://www.iucnredlist.org> el 01/04/2013
- VACA, R. A., J. G. DUNCAN, L. CAYUELA, J. HEWSON, y M. STEININGER.** 2012. Evidence of Incipient Forest Transition in Southern Mexico. *PLoS ONE* 7: 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.

YOUNG, N., L. CARTER, Y P. EVANGELISTA. 2011. A MaxEnt Model v3.3.3e Tutorial (ArcGIS v10). Creado en: The Natural Resource Ecology Laboratory at Colorado State University and the National Institute of Invasive Species Science. Colorado State University. Denver, EE. UU.

Summited: April 27, 2015

Review: May 12, 2015

Accepted: September 9, 2015

Associated editor: Sergio Solari

Apéndice I

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, mediante el oficio núm. F00.9.DRBSK-080/13.

Datos proporcionados por Jorge Gómez Poot. 2013. Subdirección Parque Natural Arrecifes de Xcalak, Quintana Roo, México.

- Base de datos recopilada para la investigación: Zúñiga-Fuentes, H. 2008. Distribución y conocimiento ecológico local del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii*) en el estado de Campeche. Tesis de licenciatura. El Colegio de la Frontera Sur, Campeche, México.

Base de datos recopilada para la investigación: Nolasco, L. 2009. Distribución actual y estado de conservación del tapir centroamericano *Tapirus bairdii*, Gill, 1865 (perissodactyla: tapiridae) en México. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México

Base de datos recopilada para la investigación: Mendoza, E., T. L. Fuller, H. A. Thomassen, W. Buerman, D. Ramírez-Mejía y T. B. Smith. 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.

Datos obtenidos en la investigación: 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.

Datos obtenidos en la investigación: Serrano, I. 2013. Foto trampeo de mamíferos y aves asociados a las aguadas de la región sur de Calakmul, Campeche, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

Datos obtenidos en la investigación: Ramírez-Barajas P. J., N. Torrescano-Valle, M. Sanvicente López, A. Tuz Novelo, y M. Tuz Novelo. 2010. Evaluación del impacto del huracán Dean sobre la fauna y su hábitat en el complejo Sian Ka'an y ejidos de influencia, Quintana Roo, México. Servicios y Beneficios Ambientales SEYBA SC de RL- COMPACT. Global Environment Facility. Programa de pequeñas donaciones PPD-PNUD. Informe Final.

Datos obtenidos en la investigación: 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.

Datos obtenidos en la investigación: Naranjo, E. J., S. A. Amador, F. Falconi, y R. Reyna. 2013. Conocimiento integral del tapir (*Tapirus bairdii*) y el pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) en México. Informe técnico final del proyecto HK014. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.

Datos obtenidos en la investigación: Naranjo, E. J., S. A. Amador, F. Falconi, y R. Reyna. 2015. Distribución, abundancia y amenazas a las poblaciones de tapir (*Tapirus bairdii*) y pecarí de labios blancos (*Tayassu pecari*) en México. *Therya* 6:227-249.

Datos obtenidos en la investigación: O'Farrill G. 2010. The ecological causes and consequences of the movement of Baird's tapir (*Tapirus bairdii*). Tesis de doctorado. McGill University, Montreal, Quebec, Canada.

Datos obtenidos en la investigación: Carrillo-Reyna, N., R. Reyna-Hurtado, y B. Schmook. 2015. Abundancia relativa y selección de hábitat de *Tapirus bairdii* en las reservas de Calakmul y Balam Kú, Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86:202-207.

Datos proporcionados por M .C. Mauro San Vicente. El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México.

Datos proporcionados por el veterinario zootecnista Jonathan Pérez Flores. El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México.

Apéndice II

Localidad	Longitud	Latitud	Referencia
Nadzcan, Campeche	-89.894580°	18.549320°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.745480°	18.158550°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.779830°	18.314980°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.820070°	18.124870°	Zuñiga 2008
Balam Kú, Campeche	-89.893840°	18.549420°	Zuñiga 2008
Balam Kú, Campeche	-89.891020°	18.550170°	Zuñiga 2008
Balam Kú, Campeche	-89.894450°	18.549310°	Zuñiga 2008
Balam Kú, Campeche	-89.858730°	18.309840°	Zuñiga 2008
Nadzcan-Balam Kú	-89.894540°	18.549480°	Zuñiga 2008
Hopelchen, Campeche	-89.327990°	19.081610°	Zuñiga 2008
Xbonil, Campeche	-89.550300°	18.321800°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.202400°	18.252600°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.161930°	18.404800°	Zuñiga 2008
22 de noviembre, Campeche	-89.093400°	18.491700°	Zuñiga 2008
Balam Kin, Campeche	-90.035889°	18.902833°	Zuñiga 2008
Balam Kin, Campeche	-90.047500°	18.895944°	Zuñiga 2008
Balam Kú, Campeche	-89.846411°	18.607503°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.885833°	18.346833°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.859389°	18.809678°	Zuñiga 2008
Zoh Laguna, Campeche	-89.417806°	18.583472°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.552250°	17.951111°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.451583°	18.099611°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.498917°	18.193389°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.252778°	18.396472°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.305942°	18.343917°	Zuñiga 2008
Nuevo Becal, Campeche	-89.159000°	18.709861°	Zuñiga 2008
Hopelchen, Campeche	-89.436528°	18.803472°	Zuñiga 2008
Hopelchen, Campeche	-89.424806°	18.799833°	Zuñiga 2008
Xmaben, Campeche	-89.173306°	19.185083°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.856830°	18.316100°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.745480°	18.158550°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.779830°	18.314980°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.816780°	18.125740°	Zuñiga 2008
Balam Kú, Campeche	-89.893840°	18.549420°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.485710°	18.314870°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.566270°	18.327140°	Zuñiga 2008

Localidad	Longitud	Latitud	Referencia
Calakmul, Campeche	-89.566730°	18.328270°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.566560°	18.327920°	Zuñiga 2008
Balam Kin, Campeche	-90.014889°	19.031503°	Zuñiga 2008
Balam Kin, Campeche	-90.014744°	19.031511°	Zuñiga 2008
Balam Kin, Campeche	-90.014994°	19.031894°	Zuñiga 2008
Balam Kin, Campeche	-90.015333°	19.032644°	Zuñiga 2008
Chilambalam, Campeche	-90.252139°	18.948611°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.816639°	18.123496°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.741044°	18.180601°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.330193°	19.139376°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.899641°	18.544296°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.858246°	18.602813°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.312594°	18.471294°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.359778°	18.420024°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.353279°	18.313372°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.312982°	18.380740°	Zuñiga 2008
Nuevo Becal, Campeche	-89.266261°	18.594180°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.885850°	18.365580°	Zuñiga 2008
Nuevo Becal, Campeche	-89.180444°	18.741407°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.686626°	17.914600°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.494940°	18.076933°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.487338°	18.206418°	Zuñiga 2008
20 de noviembre, Campeche	-89.243678°	18.351880°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.802654°	18.267127°	Zuñiga 2008
Zoh Laguna, Campeche	-89.369577°	18.611478°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.395404°	18.798928°	Zuñiga 2008
Nuevo Becal, Campeche	-89.236127°	18.691766°	Zuñiga 2008
Nuevo Becal, Campeche	-89.240000°	18.651119°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.827757°	18.328294°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.931145°	18.342668°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.836851°	18.327012°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.876858°	18.312498°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-90.009488°	18.118525°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-90.132377°	18.143718°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-90.071263°	17.883583°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-90.527898°	18.765723°	Zuñiga 2008

Localidad	Longitud	Latitud	Referencia
Calakmul, Campeche	-90.005009°	19.206381°	Zuñiga 2008
Chilambalam, Campeche	-90.271157°	18.903546°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.795331°	18.141152°	Zuñiga 2008
Nuevo Becal, Campeche	-89.202166°	18.582159°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.828998°	18.523833°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-90.053523°	18.583955°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-90.331405°	18.022963°	Zuñiga 2008
Calakmul, Campeche	-89.815957°	18.125149°	Serrano 2013
Calakmul, Campeche	-89.783177°	18.105995°	Serrano 2013
Calakmul, Campeche	-89.746308°	18.185555°	Serrano 2013
Calakmul, Campeche	-89.752617°	18.205277°	Serrano 2013
Calakmul, Campeche	-89.857199°	18.308189°	Serrano 2013
Calakmul, Campeche	-89.857091°	18.307919°	Serrano 2013
Calakmul, Campeche	-89.832361°	18.310239°	Serrano 2013
Calakmul, Campeche	-89.885557°	18.366722°	Serrano 2013
San Antonio Cumpich, Campeche	-89.927250°	20.246080°	Nolasco 2009
Xpujil, Campeche	-89.433330°	18.733610°	Nolasco 2009
Constitucion, Campeche	-90.131670°	18.807220°	Nolasco 2009
Constitución, Campeche	-90.146110°	17.945830°	Nolasco 2009
Calakmul, Campeche	-89.796270°	17.817760°	Nolasco 2009
Balam Kin, Campeche	-90.014950°	19.031560°	Nolasco 2009
Calakmul, Campeche	-89.815556°	18.122500°	Nolasco 2009
Xbonil, Campeche	-90.149722°	18.816667°	Nolasco 2009
Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	-87.676110°	19.798610°	Nolasco 2009
X-Hazil, Quintana Roo	-87.959720°	19.282220°	Nolasco 2009
Chumpon, Quintana Roo	-87.580560°	19.817780°	Nolasco 2009
Andres Quintana Roo, Quintana Roo	-87.888890°	19.159720°	Nolasco 2009
Chumpón, Quintana Roo	-87.783330°	19.616670°	Nolasco 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.783610°	19.743890°	Nolasco 2009
Uaimyl, Quintana Roo	-87.780000°	19.070000°	Nolasco 2009
Xcalak, Quintana Roo	-87.833330°	18.266670°	Nolasco 2009
Chiquilá, Quintana Roo	-87.253890°	21.420556°	Nolasco 2009
Chiquila, Quintana Roo	-87.520000°	21.470000°	Nolasco 2009
Nuevo Becal, Campeche	-89.301670°	18.622222°	Nolasco 2009
20 de noviembre, Campeche	-89.281940°	18.355833°	Nolasco 2009
Majahual, Quintana Roo	-87.778890°	18.496667°	Nolasco 2009

Localidad	Longitud	Latitud	Referencia
Vigia chico, Quintana Roo	-87.755830°	19.759722°	Nolasco 2009
Caobas, Quintana Roo	-88.984812°	18.457044°	Nolasco 2009
Chiquilá, Quintana roo	-87.412500°	21.385278°	Nolasco 2009
Costa maya, Quintana Roo	-87.849444°	18.887222°	Nolasco 2009
Quintana Roo	-90.103000°	17.884900°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-89.217300°	19.236800°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-89.783100°	18.104300°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-90.096200°	18.010600°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.787400°	19.720500°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.822900°	19.713900°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.744700°	19.907200°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.740500°	19.911500°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.735700°	19.916400°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.724300°	19.927600°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.622100°	19.786600°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.750700°	19.901000°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.765100°	19.886600°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.770200°	19.881600°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.770500°	19.880600°	Mendoza 2013
Quintana Roo	-87.770900°	19.880700°	Mendoza 2013
Campeche	-89.193900°	18.681700°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.815500°	18.129900°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.280700°	18.636100°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.177600°	18.738700°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.234500°	18.628900°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.478400°	18.247500°	O'Farrill 2010*
Campeche	89.513400°	18.240100°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.514500°	18.206900°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.209900°	18.674900°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.280100°	18.638000°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.256300°	18.692600°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.252500°	18.691500°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.233700°	18.736700°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.249700°	18.689600°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.254900°	18.646600°	O'Farrill 2010*
Campeche	-89.752600°	18.205300°	Perez-Cortez 2011*

Localidad	Longitud	Latitud	Referencia
Campeche	-89.719600°	18.074000°	Perez-Cortez 2011*
Campeche	-90.107600°	17.843300°	Perez-Cortez 2011*
Campeche	-90.096700°	18.013400°	Perez-Cortez 2011*
Campeche	-89.857100°	18.307900°	Perez-Cortez 2011*
Campeche	-89.778100°	18.308300°	Perez-Cortez 2011*
Campeche	-90.002100°	17.903100°	Perez-Cortez 2011*
Campeche	-90.090800°	17.855400°	Perez-Cortez 2011*
Calakmul, Campeche	-88.464416°	19.358202°	San Vicente 2005-2012
Calakmul, Campeche	-89.804522°	18.088189°	San Vicente 2005-2012
Nuevo Becal, Campeche	-89.210407°	18.670156°	San Vicente 2005-2012
Nuevo Becal, Campeche	-89.208271°	18.674218°	San Vicente 2005-2012
Calakmul, Campeche	-89.804147°	18.075913°	San Vicente 2005-2012
Conhuas, Campeche	-89.917052°	18.530716°	San Vicente 2005-2012
Bacalar, Quintana Roo	-88.114515°	19.165249°	San Vicente 2005-2012
Bacalar, Quintana Roo	-88.422131°	19.213101°	San Vicente 2005-2012
Bacalar, Quintana Roo	-88.316265°	18.767890°	San Vicente 2005-2012
Caobas, Quintana Roo	-89.137315°	18.460737°	San Vicente 2005-2012
Bacalar, Quintana Roo	-88.175624°	18.822727°	San Vicente 2005-2012
Bacalar, Quintana Roo	-87.852627°	18.307949°	Perez-Flores 2012
Bacalar, Quintana Roo	-87.788927°	18.459485°	Perez-Flores 2012
Balan Ka'ax, Quintana Roo	-88.936277°	19.236352°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balan Ka'ax, Quintana Roo	-88.932078°	19.240028°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balan Ka'ax, Quintana Roo	-88.932387°	19.241244°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balan Ka'ax, Quintana Roo	-88.917598°	19.250261°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balan Ka'ax, Quintana Roo	-88.892038°	19.259913°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balan Ka'ax, Quintana Roo	-88.888270°	19.259853°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.890618°	19.268040°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.890746°	19.265916°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.889531°	19.262803°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.892113°	19.259840°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.898166°	19.264240°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.902571°	19.279172°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.914051°	19.283072°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.923418°	19.286018°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.890587°	19.268637°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.124612°	19.306356°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010

Localidad	Longitud	Latitud	Referencia
Balam K'aax	-88.125327°	19.300975°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.131885°	19.303726°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.132194°	19.318327°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.148129°	19.323947°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.147853°	19.323949°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.157211°	19.326934°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.889487°	19.267284°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.917035°	19.282851°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.132214°	19.318408°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.892303°	19.259838°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.890679°	19.268320°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.164103°	19.324397°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam K'aax	-88.893703°	19.260005°	Perez-Cortez y Matus-Perez 2010
Balam Kin, Campeche	-89.889722°	18.651583°	Amador 2013
Caobas, Quintana Roo	-89.059678°	18.276944°	Amador 2013
Caobas, Quintana Roo	-89.087383°	18.246944°	Amador 2013
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-88.068986°	19.304586°	Amador 2013
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-88.035539°	19.298583°	Amador 2013
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.753152°	19.768344°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.742040°	19.909953°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.743448°	19.908573°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.749505°	19.902521°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.742582°	19.909426°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.744789°	19.907248°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.792331°	19.728885°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.794684°	19.731956°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.792407°	19.728804°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.789160°	19.722384°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.747945°	19.904009°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.742420°	19.909418°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.790442°	19.725008°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.790869°	19.726488°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.789006°	19.722249°	Dirección RBSK 2009
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.789236°	19.722402°	Dirección RBSK, 2010
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.746444°	19.905687°	Dirección RBSK, 2010
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.792870°	19.729777°	Dirección RBSK, 2010

Localidad	Longitud	Latitud	Referencia
Reserva de la Biosfera de Sian Kaan, Quintana Roo	-87.851127°	19.691567°	Dirección RBSK, 2012
Xcalak, Quintana Roo	-87.758509°	18.568116°	Gomez Poot 2005
Xcalak, Quintana Roo	-87.747832°	18.592936°	Gomez Poot 2005
Xcalak, Quintana Roo	-87.887148°	18.848369°	Gomez Poot 2005
Xcalak, Quintana Roo	-87.871370°	18.749233°	Gomez Poot 2005
Xcalak, Quintana Roo	-87.835089°	18.319297°	Gomez Poot 2005
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.865460°	18.328164°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.843863°	18.326844°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.866658°	18.307920°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.871389°	18.318314°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.872284°	18.619411°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.870189°	18.331410°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.792415°	18.133528°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.792435°	18.134205°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.792987°	18.135082°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.848785°	18.327213°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.879900°	18.610545°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.865100°	18.598718°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.872774°	18.618130°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.876460°	18.614887°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.869412°	18.552008°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.938666°	18.556287°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.889455°	18.553255°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.887855°	18.554372°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.794702°	18.123571°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.768369°	18.185786°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.778974°	18.180738°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.862672°	18.307547°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.866658°	18.307920°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.872557°	18.323994°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.867077°	18.552757°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.869882°	18.621391°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.923296°	18.561258°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.868733°	18.309508°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.886102°	18.365189°	Carrillo 2012
Calakmul-Balam Kú, Campeche	-89.744383°	18.186563°	Carrillo 2012

Localidad	Longitud	Latitud	Referencia
Bacalar, Quintana Roo	-88.295484°	18.791657°	Perez-Flores 2013
Bacalar, Quintana Roo	-88.275095°	18.812053°	Perez-Flores 2013
Conhuas, Campeche	-89.5329°	18.21388°	ECOSUR 2012
Conhuas, Campeche	-89.5458°	18.3220°	ECOSUR 2012
Nuevo Becal, Campeche	-89.1752°	18.3647°	ECOSUR 2012