



El Colegio de la Frontera Sur

Uso de hábitat y patrón de actividad de la nauyaca nariz
de cerdo (*Porthidium yucatanicum*) en Yucatán y Quintana
Roo, México

TESIS

presentada como requisito parcial para optar al grado de
Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con orientación en Manejo y Conservación de los Recursos Naturales

Por

Christian Martin García Balderas

2016



El Colegio de la Frontera Sur

Chetumal, Quintana Roo, 16 de diciembre de 2016.

Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de: Christian Martin García Balderas, hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada : Uso de hábitat y patrón de actividad de la nauyaca nariz de cerdo (*Porthidium yucatanicum*) en Yucatán y Quintana Roo, México.

Para obtener el grado de **Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

	Nombre	Firma
Director	Dr. José Rogelio Cedeño Vázquez	_____
Asesor	Dr. David González Solís	_____
Asesor	Dr. Gunther Köhler	_____
Sinodal adicional	Dr. Jorge Correa Sandoval	_____
Sinodal adicional	Dra. Teresa Álvarez Legorreta	_____
Sinodal suplente	Dr. Alberto De Jesús Navarrete	_____

DEDICATORIA

A mi familia, por creer, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A El Colegio de la Frontera Sur Unidad Chetumal y a su personal académico y administrativo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de maestría otorgada durante el periodo 2014-2015 (No. 335848).

A mi comité tutelar: Dr. José Rogelio Cedeño Vázquez, Dr. David González Solís y Dr. Gunther Köhler, por su confianza, valiosa asesoría y atinadas observaciones a mi trabajo.

Al personal de la Zona Arqueológica de Chichén Itzá, en especial al director, el Arqueol. Marco Antonio Santos Ramírez, por las facilidades otorgadas para muestrear en el sitio, así como al jefe de seguridad Ricardo Arturo Gutiérrez López; a Filiberto Bello y a todo el personal que me acompañó en los muestreos.

A mis compañeros y amigos Rubén Alonso Carbajal Márquez, Luis Adel Leyva Ramírez, Roberto Andazola Acosta, Oscar Eduardo Verduzco Salazar, Carlos Alberto Gómez Rojas, Tania Ramírez Valverde, Raymundo Mineros Ramírez, Marco Antonio Domínguez de la Riva, por su invaluable ayuda en el trabajo de campo. A Elizabeth Arista de la Rosa, por su apoyo incondicional.

A Janneth Padilla por su ayuda en la elaboración del mapa de los sitios de muestreo.

Al personal del SIBE Chetumal, por la aportación de material bibliográfico.

A todos los guías e informantes de campo de Yucatán y Quintana Roo, quienes me acompañaron en la búsqueda de ejemplares.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL	6
MANUSCRITO	11
Abstract	12
Materiales y Métodos	14
Resultados	19
Discusión	21
Agradecimientos	24
Resumen	25
Referencias	26
Tablas y Figuras	33
CONCLUSIONES GENERALES	38
LITERATURA CITADA	39

INTRODUCCIÓN GENERAL

México es reconocido por su rica diversidad biológica, especialmente por el gran número de especies de plantas y vertebrados que habitan su territorio. Ocupa el cuarto lugar entre los 17 países llamados megadiversos, los cuales albergan casi el 70% de las especies del mundo conocidas en la actualidad (Challenger y Soberón 2008; Espinosa et al. 2008). Es también uno de los países con mayor riqueza de herpetofauna, con 1,240 especies (376 anfibios y 864 reptiles), de las cuales alrededor del 60% son endémicas (Flores-Villela y García-Vázquez 2014; Parra-Olea et al. 2014).

En cuanto a la diversidad de reptiles, México ocupa el segundo lugar a nivel mundial (Wilson y Johnson 2010). En el grupo de las serpientes destaca la familia Viperidae, que en México está representada por 57 especies, repartidas en nueve géneros (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén 2010). El género *Porthidium* está compuesto por serpientes robustas de talla pequeña a mediana, de hábitos generalmente crepusculares y nocturnos (Lee 1996, 2000; Köhler 2008). Para México, se tiene el registro de cuatro especies de este género: *P. dunnii*, *P. hespere*, *P. nasutum* y *P. yucatanicum* (McCoy y Censky 1992; Lee 2000; Campbell y Lamar 2004).

La nauyaca nariz de cerdo *P. yucatanicum* (Smith, 1941) es el vipérido más pequeño en la Península de Yucatán. Presenta dimorfismo sexual, las hembras adultas alcanzan una longitud hocico-cloaca (LHC) de 462 mm, mientras que los machos maduros son más pequeños (hasta 368 mm LHC) (McCoy y Censky 1992). Los adultos son de cuerpo robusto, la coloración del dorso va de grisácea o bronce claro a naranja rojizo con bloques de manchas café oscuro, con el borde negro y el centro claro. Una línea delgada amarilla corre por el dorso dividiendo los bloques, y en individuos juveniles la punta de la cola es amarilla (Lee 1996; Calderón-Mandujano et al. 2005).

El área de distribución conocida de *P. yucatanicum* comprende la mitad norte de la Península de Yucatán (Lee 1996, 2000). Habita en sitios de hasta 250 m sobre el nivel medio del mar y el hábitat donde se ha registrado su presencia incluye bosque tropical

caducifolio, bosque espinoso, vegetación xerófila arbustiva y bosque tropical perennifolio (Campbell y Lamar 1989; Lee 1996, 2000).

Hasta la fecha, se desconocen las condiciones de hábitat específicas que permiten el establecimiento de esta especie, así como los patrones asociados a su actividad estacional y diaria. Según Hall et al. (1997) y Montenegro y Acosta (2008), el hábitat de una especie puede ser definido como el lugar donde hay recursos y condiciones físicas y bióticas que permiten su supervivencia, reproducción y establecimiento. El hábitat es especie-específico; es decir, la presencia de una especie, población o individuo están relacionados con las características físicas y biológicas de un área. De este modo, el hábitat implica más que la vegetación o su estructura, pues es la suma de los recursos específicos, bióticos y abióticos que necesita un organismo (Hall et al. 1997).

Por su parte, el uso de hábitat se refiere a la forma en que un organismo aprovecha los recursos físicos y bióticos del mismo (Hall et al. 1997; Krausman 1999; Montenegro y Acosta 2008). Los estudios de uso de hábitat permiten identificar los sitios donde es más factible encontrar a determinada especie, pues proporcionan una descripción de las variables estructurales y ambientales de su microhábitat (Reinert 1993). De esta manera, el hábitat puede ser usado por un organismo para anidación, resguardo, forrajeo, guarida, entre otros (Krausman 1999). Los patrones de uso de hábitat en serpientes son un componente central de la ecología e historia natural de cualquier especie (Wasko y Sasa 2010) y constituye uno de los aspectos más básicos e importantes de su comportamiento (Reinert y Zappalorti 1988), ya que numerosos factores, como el sexo, condición reproductiva, así como el forrajeo y estado digestivo, pueden influir fuertemente en el uso del hábitat (Reinert 1993). Para muchas especies de serpientes, el conocimiento sobre el uso del hábitat es mínimo, ya que su presencia está basada principalmente en observaciones anecdóticas. Esto se debe a su naturaleza críptica y a la dificultad de encontrar y realizar observaciones en campo (Reinert y Zappalorti 1988; Reinert 1993; Wund et al. 2007; Wasko y Sasa 2010), particularmente en los trópicos, donde la densidad de las poblaciones tiende a ser más baja y los ecosistemas más complejos (Wasko y Sasa 2010). Estos vacíos en el

conocimiento puede truncar acciones de conservación y manejo, pues para que estas se implementen y sean eficaces, deben estar sustentadas en un sólido conocimiento sobre la ecología y comportamiento de las especies.

Por otro lado, el concepto de actividad, en estudios herpetológicos, se ha asociado con patrones de movimiento de las serpientes y sus tasas de captura u observación (Gibbons y Semlitsch 1987; Tozetti y Martins 2013). De esta manera, la actividad puede estar asociada con la dispersión de los juveniles, migración, escape de predadores, reproducción, forrajeo y búsqueda de refugios o sitios para regular la temperatura (Gibbons y Semlitsch 1987). Es por ello que la actividad puede variar en función del sexo, condición reproductiva y clase de edad (Macartney et al. 1988). Se sabe que los factores abióticos, como la temperatura y humedad, influyen directamente sobre el metabolismo de las serpientes y por ende en su actividad (Lillywhite 1987). Por tanto, los patrones de actividad de muchos organismos ectotermos son marcadamente estacionales en regiones templadas, pues dependen de las condiciones ambientales (Gibbons y Semlitsch 1987). Sin embargo, en regiones tropicales, donde las temperaturas son más constantes, generalmente permanecen activos durante todo el año (Marques et al. 2000). Por ello, se ha sugerido que en zonas tropicales el patrón de actividad de serpientes se analice por separado; es decir, para cada especie (Gibbons y Semlitsch 1987). No obstante, esto resulta complicado debido al bajo número de individuos que pueden registrarse, particularmente cuando los estudios se llevan a cabo en cortos periodos de tiempo y áreas restringidas (Marques et al. 2000).

Ninguno de los aspectos antes mencionados ha sido abordado para el caso de *P. yucatanicum*, pues el conocimiento que se ha generado hasta la fecha se refiere principalmente a su taxonomía y morfología y poco se conoce sobre sus aspectos ecológicos e historia natural. Por ello, esta falta de información constituye uno de los principales obstáculos para entender cómo esta especie se relaciona con el ambiente donde vive, además de que se trata de una especie endémica de la Península de Yucatán, incluida en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) como “Sujeta a protección especial” (DOF 2010) y categorizada como “least concern” en la

lista de especies amenazadas de la IUCN (Lee y Calderón-Mandujano 2007; IUCN 2014).

Aun cuando no existen antecedentes sobre el uso de hábitat y los patrones de actividad de *P. yucatanicum*, se han publicado algunos estudios con otras serpientes, incluyendo otros vipéridos, que proveen descripciones cuantitativas sobre los patrones de actividad, dónde se presentan y cómo utilizan el hábitat. Por ejemplo, Moore y Gillingham (2006) relacionaron múltiples variables estructurales y climáticas, como temperatura del suelo, humedad relativa y diversos parámetros de vegetación, con una compleja selección del microhábitat utilizado por *Sistrurus catenatus catenatus* en el sur de Michigan, Estados Unidos de América (E.U.A.). De igual forma, Steen et al. (2007) analizaron el uso de hábitat por dos especies simpátricas, *Crotalus adamanteus* y *C. horridus* en el sur de Georgia, E.U.A. y demostraron un uso diferencial del hábitat, así como la asociación de *C. adamanteus* con caminos de terracería poco frecuentados, distinto a los hábitats en los que se consideraba sería localizada. Del mismo modo, en Pennsylvania, E.U.A., Reinert (1984a, b) encontró un patrón similar en una población de *C. horridus*, pues las hembras utilizaron más los hábitats abiertos y más cálidos, que los machos. Por otro lado, Wasko y Sasa (2010) en el bosque lluvioso de Costa Rica, no encontraron diferencias en el uso de hábitat entre hembras y machos de *Bothrops asper*, pero si detectaron diferencias para todos los individuos entre las observaciones diurnas y nocturnas. En cuanto al estado reproductivo, Reinert y Zappalorti (1988) encontraron diferencias en el uso de hábitat en una población de *C. horridus* ubicada al sur de New Jersey, E.U.A., pues las hembras grávidas se asociaron menos a sitios con un dosel más denso, que los machos y las hembras no grávidas.

La creciente población humana ejerce una fuerte presión hacia los ambientes naturales que se ve reflejada en el consumo de los recursos, y como consecuencia, la rápida destrucción de muchos ecosistemas y la extinción de un número cada vez mayor de especies silvestre (Reinert 1993). En muchas de las áreas de la distribución conocida de *P. yucatanicum*, se han dado cambios en el uso del suelo por las actividades agropecuarias o asentamientos humanos, debido al rápido crecimiento de las

poblaciones urbanas y rurales, así como por la apertura de caminos (Calderón-Mandujano 2002). Ante este panorama, son necesarios los estudios que proporcionen descripciones precisas e información sobre la actividad y el hábitat requerido por las especies; en particular, aquellas endémicas cuya área de distribución es restringida y que se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, como es el caso de *P. yucatanicum*. De igual manera, entender la relación que guarda *P. yucatanicum* con el ambiente donde vive, permitirá identificar áreas óptimas para la conservación de la especie. Es por ello que se plantea la hipótesis de que la heterogeneidad ambiental propicia una variedad de microhábitats que son utilizados por *P. yucatanicum* para satisfacer sus requerimientos biológicos, de manera diferencial según su sexo y clase de edad. Además, presentará un marcado patrón de mayor actividad durante la temporada lluviosa (Campbell y Lamar 1989). El objetivo de este estudio fue determinar el uso del hábitat y el patrón de actividad de *P. yucatanicum* en los estados de Quintana Roo y Yucatán, México, así como describir las variables estructurales que caracterizan el hábitat utilizado por la especie.

Manuscrito

Uso de hábitat y patrón de actividad de la nauyaca nariz de cerdo, *Porthidium yucatanicum* (Serpentes: Viperidae), en Yucatán y Quintana Roo, México

Sometido a la Revista de Biología Tropical

Uso de hábitat y patrón de actividad de la nauyaca nariz de cerdo, *Porthidium yucatanicum* (Serpentes: Viperidae), en Yucatán y Quintana Roo, México

Christian M. García-Balderas¹ J. Rogelio Cedeño-Vázquez¹, David González-Solís¹ y Gunther Köhler²

¹Departamento de Sistemática y Ecología Acuática. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. C.P. 77014. Chetumal, Quintana Roo, México; cmgarcia@ecosur.mx, rcedenov@ecosur.mx, dgonzale@ecosur.mx

²Senckenberg Forschungsinstitute und Naturmuseen, Frankfurt a.M., Germany; gkoehler@senckenberg.de

Abstract: Habitat use and activity pattern of the hognose pit viper, *Porthidium yucatanicum* (Serpentes: Viperidae), in Yucatán and Quintana Roo, Mexico. We carried out field surveys from January to November 2015. Data collection involved day and night sampling, night sampling on roads, and records by local collectors. Monthly findings, climatic season, daytime of finding, and environmental conditions of temperature and precipitation were registered. A total of 390.5 man-hours of field work and 4105.8 km of road sampling were performed. A record of 23 specimens of *Porthidium yucatanicum* was obtained. Localities where each specimen was recorded were characterized at a microhabitat level, and the vegetation coverage was recorded. A pattern of seasonal activity with low activity in the driest and hottest months vs. an increased activity during the rainy season was observed. The activity pattern during the dry season was mainly nocturnal, whereas during the rainy season individuals were found active in the early morning or on cloudy days. *Porthidium yucatanicum* used sites with abundant plant material and higher coverage of grass and shrub, probably because it can find protection against predators and ambush their prey. Differences were observed in habitat use between sexes: females were mostly found in sun-exposed sites, where they could find more favorable conditions for gestation, whereas males occupied shady sites covered by trees and herbs. Also a difference was observed in habitat use between age classes, with juveniles having been found in places where the

understory was less dense than at the sites where adults were found. A less dense understory allows juveniles to detect and ambush their prey more easily.

Key words: *Porthidium yucatanicum*, endemic, Viperidae, habitat, activity pattern.

Número total de palabras: 5025

El conocimiento sobre el uso de hábitat y los patrones de actividad constituye un componente central de la ecología e historia natural de las especies animales (Reinert & Zappalorti, 1988; Wasko & Sasa, 2010). Sin embargo, para el caso de las serpientes, es poca la información de este tipo con la que se cuenta para un gran número de especies, pues en muchos casos, los reportes sobre su presencia están basados principalmente en observaciones anecdóticas. Esto se debe en gran medida a su naturaleza críptica y a la dificultad de encontrarlas y observarlas en campo (Reinert & Zappalorti, 1988; Reinert, 1993; Wund et al., 2007; Wasko & Sasa, 2010); sobre todo en los trópicos, donde la densidad poblacional tiende a ser más baja y los ecosistemas más complejos (Wasko & Sasa, 2010). En este sentido, los estudios de uso de hábitat permiten identificar sitios donde es más factible encontrar a determinada especie, ya que proporcionan una descripción de las variables estructurales y ambientales de su microhábitat (Reinert, 1993). Además, permiten una mayor comprensión sobre la medida en que algunos factores como el sexo, condición reproductiva, así como el forrajeo y estado digestivo, influyen en el uso del hábitat (Reinert, 1993). Por otro lado, en los estudios herpetológicos enfocados a serpientes, la actividad se encuentra asociado a los patrones de movimiento y a sus tasas de captura (Gibbons & Semlitsch, 1987; Tozetti & Martins, 2013), y se relaciona con la dispersión de juveniles, búsqueda de refugios para regular la temperatura, migración, escape de predadores, alimentación y reproducción (Gibbons & Semlitsch, 1987). Además, puede variar en función del sexo, condición reproductiva y la clase de edad (Macartney, Gregory & Larsen, 1988).

En regiones templadas, la actividad de ectotermos es marcadamente estacional, ya que dependen de las condiciones ambientales que influyen directamente sobre su metabolismo (Gibbons & Semlitsch, 1987; Lillywhite, 1987). Sin embargo, se ha

sugerido que en zonas tropicales, el patrón de actividad de serpientes se analice por separado para cada especie, pues las temperaturas son más constantes y muchos ectotermos permanecen activos durante todo el año (Gibbons & Semlitsch, 1998; Marques, Eterovic & Endo, 2000). No obstante, esto se complica cuando se tiene un bajo número de individuos registrados y cuando los estudios se llevan a cabo en periodos cortos de tiempo y en áreas restringidas (Marques et al., 2000).

Este es el caso de la nauyaca nariz de cerdo (*Porthidium yucatanicum*), para la cual no existe un estudio que aborde la relación que guarda con el ambiente donde vive, lo que cobra especial relevancia al tratarse de una especie endémica (Lee, 1996), incluida en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) como “Sujeta a protección especial” (DOF, 2010) y como “least concern” en la lista de especies amenazadas de la IUCN (Lee & Calderón-Mandujano, 2007; IUCN, 2014). Se trata del vipérido más pequeño en la Península de Yucatán, cuya distribución abarca la mitad norte de dicha península (Lee, 1996, 2000), en bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, vegetación xerófila arbustiva y bosque tropical perennifolio (Campbell & Lamar, 1989; Lee, 1996, 2000). Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar el uso de hábitat y el patrón de actividad de *P. yucatanicum* en los estados de Quintana Roo y Yucatán, México; así como describir las variables estructurales que caracterizan el hábitat utilizado por la especie. Como hipótesis, se plantea que la heterogeneidad ambiental, propicia que una variedad de microhábitats sean utilizados por *P. yucatanicum* de manera diferencial, según su sexo y clase de edad, para satisfacer sus requerimientos biológicos; además de presentar mayor actividad durante los meses de la temporada lluviosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la zona centro del estado de Yucatán, en los municipios de Kantunil, Sotuta, Yaxcabá, Tinum, Dzitás, Chankom, Kaua, Tekom y Chikindzonot. En el estado de Quintana Roo, se muestreó en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, donde se establecieron sitios de muestreo y transectos de carretera (Fig. 1). Los sitios de muestreo se seleccionaron con base en recolectas reportadas en la literatura (Lee,

1996), y en aquellos con mayor concentración de registros históricos, contenidos en las bases de datos electrónicas HerpNet (2012) y VertNet (2014). El clima de la región se caracteriza por presentar temperaturas cálidas y relativamente homogéneas (25.5-26.75°C). Se presenta una prolongada estación seca de noviembre a abril, y una estación húmeda durante mayo a octubre. Entre diciembre y febrero se presentan precipitaciones invernales ocasionales que se deben a los frentes fríos (Islebe, Sánchez-Sánchez, Valdéz-Hernández & Weissenberger, 2015; Torrescano-Valle & Folan, 2015). Las lluvias son estacionales, oscilan entre 450 mm al año en el noroeste y más de 2000 mm anuales en la parte sur (Duellman, 1965; Lee, 1980). En la parte norte de la Península de Yucatán, la vegetación es más baja y caducifolia, dominada por selva baja y matorral caducifolio; mientras que en las porciones oriental y sur, se presentan selva mediana y alta subperennifolia que se extienden sobre suelos profundos (Duellman, 1965; Torrescano-Valle & Folan, 2015). Los tipos de vegetación dominante presentes en los sitios de recolecta corresponden a: la selva mediana subperennifolia y selva baja caducifolia, con dominancia de especies arbóreas, como *Manilkara zapota*, *Swietenia macrophylla*, *Swartzia cubensis*, *Ficus* spp., *Bursera simaruba*, *Lysiloma bahamensis*, *Baeucarnea pliabilis*, *Gymnopodium floribu* y *Metopium brownei* (Islebe et al., 2015).

Se realizaron 11 campañas de muestreo entre enero y noviembre de 2015, con duración de cinco a 15 días por mes. La búsqueda de serpientes consistió en caminatas diurnas (8:00-11:00 h) y nocturnas (18:00-22:00 h), siguiendo el método de registros por encuentro visual (Hartmann et al., 2005). Para ello, se caminó de forma lenta, revisando todos los lugares posibles que pueden ser utilizados por la especie (e.g., bajo rocas y troncos, cavidades, entre hojarasca, bajo arbustos y en contrafuertes de árboles), con un mínimo de dos personas, explorando de forma paralela a una distancia de 5 m entre sí. La captura por unidad de esfuerzo fue el número de serpientes encontradas por horas hombre (Valdujo, Nogueira & Martins, 2002). Complementariamente, se realizaron recorridos nocturnos en transectos de carreteras cercanas a las localidades de muestreo, con la finalidad de encontrar serpientes atropelladas o vivas, ya que éste ha demostrado ser un método efectivo para localizar especies de hábitos sigilosos y

nocturnos (Weaver, 2008). Los recorridos se realizaron entre las 19:30-00:00 h, a bordo de un vehículo a velocidad constante (40-45 km/h); el esfuerzo de muestreo se estimó como el número de kilómetros recorridos. Se revisaron las serpientes en busca de contenido estomacal, mediante un palpado en sentido caudo-cefálico y su obtención mediante regurgitación forzada (Fitch, 1987). A las serpientes atropelladas se les extrajo el tracto digestivo. Las muestras obtenidas se colocaron en frascos con alcohol al 70% para ser identificadas en el laboratorio. Los ejemplares atropellados fueron depositados en la Colección Herpetológica de ECOSUR, Unidad Chetumal (ECO-CH-H). Por cada serpiente encontrada, se registró: a) localidad, b) hora y fecha, c) lugar de captura (georreferenciado con GPS; WGS84), considerando tipo de microhábitat (bajo tronco o piedra, entre hojarasca, en contrafuerte, etc.), se le asignó un número de registro, y se fotografió. El sexo de los individuos adultos se determinó examinando la longitud de la cola, que es mayor en los machos (McCoy & Censky, 1992), y mediante una prueba cloacal (Schaefer, 1934). Se consideraron adultos a los machos con más de 328 mm de LHC, y a las hembras con más de 410 mm. Los ejemplares por debajo de ese rango de tallas se consideraron como juveniles (McCoy & Censky, 1992). Se obtuvieron datos de temperatura y precipitación en los alrededores de los sitios de recolecta, registrados por estaciones meteorológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) cercanas a los sitios de muestreo.

Para determinar la actividad de *P. yucatanicum* durante el periodo de estudio, se llevó un registro del número de encuentros por mes, temporada climática, hora en que fueron encontradas y la temperatura y precipitación. Se consideró la tasa de captura como un indicador de la actividad de la serpiente (Whiting, Dixon & Greene, 1996; Tozetti & Martins, 2013).

Debido a que existió inequidad en los kilómetros recorridos entre los distintos meses muestreados, se hizo una corrección en el esfuerzo de muestreo de acuerdo con Seigel (1992). Se calculó el esfuerzo relativo mensual (ERM) al dividir el número de kilómetros de cada mes entre el total recorrido durante todo el estudio. Posteriormente, partiendo de la hipótesis nula de que la actividad de las serpientes es igual en todos los meses

(Seigel, 1992), se calculó el valor de serpientes esperadas (SE) al multiplicar el número total de serpientes encontradas durante los recorridos en carretera, por el esfuerzo relativo de cada mes. Por ejemplo, en noviembre se recorrieron 918 km en carretera, con un esfuerzo relativo de 0.186828 (918 km noviembre/4913.6 km totales). Entonces, si la actividad de la serpiente es igual entre los meses, el número esperado de serpientes activas sería 0.186828 veces el número total de serpientes encontradas activas en carretera durante todo el estudio (12 serpientes). Lo que da un valor de 2.24 serpientes activas en el mes de noviembre. Para detectar diferencias en la actividad estacional, se comparó el número de serpientes observadas (SO) con el número de serpientes esperadas, mediante una prueba Chi-cuadrada ($P \leq 0.05$, $gl = 1$) (Nogueira, Sawaya & Martins, 2003). Para determinar la posible relación entre la actividad de las serpientes y las variables ambientales, se realizó un análisis de correlación de Spearman entre los individuos recolectados mensualmente en carretera, con los valores de temperatura y precipitación correspondientes al mes en que se hizo el muestreo, utilizando el programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., 2005). Las diferencias fueron consideradas significativas cuando $P < 0.05$ (Tozetti & Martins, 2013).

Para determinar el uso del hábitat, los sitios donde se localizaron 22 de los 23 ejemplares de *P. yucatanicum* se caracterizaron a nivel de microhábitat según una serie de variables estructurales del terreno, previamente definidas (Cuadro 1). Se excluyó un ejemplar del que no fue posible obtener esta información. En cada sitio de encuentro se utilizó el método de línea de intercepción, que consiste en colocar una línea de longitud definida a través del sitio a muestrear y en tomar las mediciones horizontales de todas las plantas interceptadas por el plano vertical de la línea (Canfield, 1941). Con este método, se determinó la cobertura de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas. Cuando la línea no interceptó la parte viva de alguna planta, se clasificó como materia vegetal, rocas, troncos caídos o suelo desnudo. Se utilizaron líneas de 20 m, el punto medio de cada línea se colocó en el sitio de encuentro con la serpiente y la dirección se determinó al azar (Hobert, Montgomery & Mackessy, 2004). Adicionalmente se registraron ejemplares proporcionados por lugareños, sobre los cuales se contó con información del día, la hora y el lugar de encuentro, por lo que posteriormente fue

posible realizar la caracterización del sitio para evaluar el uso de hábitat. La información se registró en una base de datos en Excel, junto con los datos de cada individuo (sexo y clase de edad) para obtener los promedios de las variables medidas y determinar si existen diferencias en el uso de hábitat de los diferentes grupos de serpientes encontradas. Para los ejemplares encontrados atropellados en carretera, se trazaron las líneas de intersección de manera perpendicular a ambos lados de ésta, dividiendo la línea en dos segmentos de 10 m, empezando a una distancia de tres metros del borde del pavimento para evitar sitios con alto grado de disturbio (Hobert et al., 2004).

Los datos de las variables de hábitat fueron transformados con $\text{Log}(X+1)$ y normalizados (Calderón-Mandujano, Galindo-Leal & Cedeño-Vázquez, 2008). Para determinar las variables más significativas en el uso de hábitat, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), el cual considera que las variables más importantes son las que explican el mayor porcentaje de la varianza observada (James & M'Closkey, 2002). El criterio a seguir para determinar si un factor era significativo fue que tuviera un eigenvalor mayor a 1 (Jackson, 1993). Dentro de cada factor, se tomaron como significativas las variables con una carga superior a 0.5 (Goodman, Mies & Schwarzkopf, 2008; Eskew, Willson & Winne, 2009). Para determinar diferencias en el uso de hábitat entre grupos de serpientes, las variables que resultaron significativas en el ACP se analizaron mediante un análisis de funciones discriminantes (AFD). Este análisis permite clasificar una serie de individuos (casos) dentro de dos o más grupos e identificar, con base en una serie de observaciones (variables dependientes), si estos pertenecen al grupo en el que se les ubicó (Tabachnik & Fidell, 2001). De esta forma, los promedios de las variables estructurales se utilizaron como las variables independientes, y el sexo y clase de edad, como los criterios de clasificación (grupos). Al someter estos grupos al AFD, se crearon combinaciones lineales de las variables independientes, mediante las cuales, se buscó identificar qué variables contribuyeron en mayor medida a dicha separación (Tabachnik & Fidell, 2001). Posteriormente, mediante un análisis canónico, se calculó la correlación entre las variables y la función discriminante, en el programa Statistica 7.0 (StatSoft Inc., 2005).

RESULTADOS

Se invirtieron 390.5 h/hombre en caminatas diurnas y nocturnas para la búsqueda y registro de serpientes, en las que no fue posible encontrar ejemplares de *P. yucatanicum*. Sin embargo, se registraron 11 serpientes (cinco muertas y 6 vivas) que fueron recolectadas por lugareños en febrero, julio, septiembre y octubre. Por otro lado, en los muestreos en carretera, se acumularon 4105.8 km de recorrido entre febrero y noviembre, donde se encontraron 12 ejemplares (cuatro vivos y ocho muertos). De esta manera, a lo largo del estudio, se obtuvo el registro de 23 ejemplares (cuatro hembras, 11 machos, siete juveniles y un adulto, cuyo sexo no fue posible determinar debido a que estaba muy deteriorado), 17 en Yucatán y seis en Quintana Roo. De 20 serpientes examinadas (13 muertas, siete vivas), tres ejemplares (dos juveniles de 15.3 y 25.5 cm LHC, y una hembra adulta de 50 cm LHC) contenían presas parcialmente identificables en su tracto digestivo: una lagartija (*Sceloporus chrysostictus*), restos de pelo de un mamífero pequeño y restos de plumas. Durante el periodo de muestreo, las temperaturas más altas se registraron en abril y mayo, mientras que las más bajas fueron en enero y febrero. Por otro lado, junio y septiembre presentaron una mayor precipitación, mientras que marzo, abril y mayo fueron los meses más secos (Fig. 2).

Actividad: Se observó una mayor actividad en la temporada de lluvias (mayo-octubre), al obtener 16 registros; mientras que en secas (noviembre-abril), los encuentros fueron más escasos, con siete ejemplares registrados. El horario de actividad durante la temporada de secas fue principalmente nocturno (18:30-23:41 h; N= 6). Cabe mencionar que un ejemplar fue encontrado alrededor de las 13:00 h, pero se encontró muerto y en estado de descomposición, por lo que no se tomó en cuenta. Durante la temporada de lluvias, algunos individuos se encontraron desplazándose o recién atropellados durante la noche (21:27-23:44 h; n= 5), mientras que el resto de los ejemplares fueron encontrados durante el día (7:00-17:10 h; n= 11), diez de ellos se encontraron en reposo bajo la sombra (durante el día la temperatura máxima puede ser > 30°C, y en los meses más calientes > 39°C) y uno fue encontrado atropellado en un día nublado. Durante los meses de julio, noviembre y enero, se observaron ejemplares

en números mayores a los esperados, mientras que en el resto de los meses, se observaron en menor medida que lo esperado (Fig. 3), aunque sin diferencias significativas (Chi-cuadrada= 4.723407 gl= 9, $P < 0.857721$). No se observó una correlación significativa entre el número de serpientes que se encontraron activas y la temperatura máxima ($r = -0.570$, $n = 10$, $P > 0.05$), la temperatura mínima ($r = 0.164$, $N = 10$, $P > 0.05$), y la precipitación ($r = 0.576$, $N = 10$, $P > 0.05$).

Uso de hábitat: La variable mejor representada en los sitios de encuentro fue la herbácea, con una cobertura de 28%, seguida de la arbustiva (26%) y materia vegetal (25%). Los valores más bajos se obtuvieron para troncos caídos y plantas arbóreas. Con los promedios de dichas variables, se construyeron dos matrices de datos, y las serpientes se agruparon por sexo (machos vs hembras) y clase de edad (adultos vs juveniles). En la matriz agrupada por sexo, en los sitios donde se encontraron machos, las variables mejor representadas fueron la arbustiva (31%), materia vegetal (26%) y herbáceas (25%); mientras que donde se encontraron las hembras, lo fueron la materia vegetal (37%), arbustiva (31%) y suelo desnudo (13%) (Cuadro 2). Por clase de edad, los adultos se encontraron en sitios donde las variables arbustiva, materia vegetal y herbácea se encuentran en mayor proporción (31, 29 y 21%, respectivamente); mientras que los juveniles ocuparon sitios con abundancia de herbáceas (43%), materia vegetal (16%) y vegetación arbustiva (16) (Cuadro 2).

El ACP agrupó las variables en tres factores que explicaron el 75% de la varianza observada. El factor 1 explica el 34% de la varianza observada, y se encuentra fuertemente correlacionado con la materia vegetal (MV), arbórea (AB), herbáceas (HB) y suelo desnudo (SD). El factor 2 explica el 24% de la varianza observada y se encuentra correlacionado con las arbustivas (AR) y troncos caídos (TC). Finalmente, el factor 3 explica el 17% de la varianza y las variables más importantes que lo definieron fueron rocosidad (R) y SD. En el AFD se observó una diferencia significativa entre hembras y machos en el uso de hábitat ($X^2 = 10.244$; $gl = 4$; $P = 0.036$). Las variables que contribuyeron significativamente a la separación del uso de hábitat entre ambos sexos fueron AB y HB (Lambda parcial de Wilk= 0.534558 y 0.555102, respectivamente; $P \leq$

0.03). El análisis canónico mostró que la separación se basó principalmente en las diferencias en la cobertura de AB y HB. Por otro lado, en la agrupación por clase de edad, también se observó una diferencia significativa en el uso del hábitat ($X^2= 19.490$; $gl= 3$; $P= 0.0002$). La única variable que contribuyó significativamente a la separación del uso de hábitat entre juveniles y adultos fue AR (Lambda parcial de Wilk= 0.409481; $P= \leq 0.0002$). La separación se basó principalmente en las diferencias entre las coberturas de las variables AR y MV.

DISCUSIÓN

El tamaño de muestra analizado en este estudio fue reducido, debido a la dificultad para localizar individuos en campo, ya que *P. yucatanicum* es una especie críptica, que fácilmente puede pasar desapercibida, y que al igual que otras especies de vipéridos del género *Bothrops* se vale de su patrón de coloración que asemeja el sustrato que cubre el piso de la selva (Oliveira & Martins, 2001).

A pesar de ello, la precipitación juega un papel importante en los patrones estacionales observados en la actividad de esta especie. Esto coincide con lo reportado por Campbell y Lamar (1989) y Lee (1996, 2000), quienes reportaron mayor abundancia durante y al final de la temporada de lluvias. Al respecto, se sabe que la temperatura y precipitación, así como la disponibilidad de presas y ciclos reproductivos de las serpientes, influyen en sus patrones de actividad a lo largo del año o durante diferentes temporadas climáticas (Henderson, Dixon & Soini, 1978; Gibbons & Semlitsch, 1987; Marques et al., 2000). A pesar de que no se encontró una correlación significativa entre las variables climáticas y la actividad de las serpientes (probablemente por el bajo número de ejemplares), los resultados sugieren que el aumento en la actividad de *P. yucatanicum* está relacionado con el aumento de la precipitación. No obstante, es difícil precisar si esto se debe a una mayor disponibilidad de presas, ya que solo tres individuos presentaron contenido estomacal. Esta baja representatividad de individuos con contenido estomacal se debe a una frecuencia de alimentación baja, o bien, debido a hábitos sedentarios y reservados durante los primeros días después de haber consumido una presa, como en otros vipéridos neotropicales (Martins, Marques &

Sazima, 2002); dos de los ejemplares con contenido estomacal se encontraban en reposo. La actividad registrada durante la temporada de “nortes” (enero-febrero), se debe a que durante este periodo ocurren los apareamientos en esta especie (McCoy & Censky, 1992), y coincide con una baja en la temperatura y un aumento en la precipitación y humedad ambiental.

Porthidium yucatanicum es una especie principalmente crepuscular y nocturna (Campbell & Lamar, 1989; Lee, 1996, 2000). Sin embargo, durante el día puede permanecer al acecho, en espera de alguna oportunidad para alimentarse, como lo sugiere el hecho de haberse encontrado dos especies diurnas (la lagartija *Sceloporus chrysostictus* y plumas de un ave pequeña) en los contenidos estomacales de dos ejemplares. O bien, puede encontrarse activa o termorregulando a diferentes horas del día, si las condiciones meteorológicas favorables, como en días nublados o primeras horas de la mañana (Filiberto Bello, com. pers.), tal como se ha observado en *P. arcosae*, *P. dunni*, *P. lansbergii* y *P. nasutum* (Johnson, 1974; Porras, McCranie & Wilson, 1981; Campbell, 1998; Campbell & Lamar, 2004; Valencia, Vaca-Guerrero & Garzón, 2010). Cuando no se encuentran ejemplares en movimiento durante el día, puede deberse también a las altas temperaturas registradas en la región y a que se encuentran resguardos para evitar depredadores (Martins & Oliveira, 1998). Los individuos encontrados de día en este estudio, estaban en reposo y ocultos entre la vegetación bajo la sombra.

Los resultados de este estudio indican que *P. yucatanicum* se encuentra asociada a sitios con una mayor cobertura de herbáceas, arbustos y suelos con materia vegetal en diferente proporción, según el sexo y clase de edad. El uso de este tipo de microhábitat puede deberse a que, al ser una especie pequeña, la cobertura del sotobosque le proporciona mayor protección que los sitios abiertos. Simultáneamente, le da oportunidad para cazar por la noche y regular su temperatura durante el día (Tozetti & Martins, 2008). Además, puede pasar desapercibida para sus depredadores (Wasko & Sasa, 2010), valiéndose de su patrón de coloración similar al de la hojarasca que cubre el suelo.

Campbell (1976) menciona que un ejemplar de *P. hespere* fue encontrado enrollado sobre un tronco caído en un sitio con maleza densa. Se sabe que *P. lansbergii* descansa sobre troncos en descomposición, cavidades bajo la tierra, a la sombra de los arbustos, entre aglomeraciones de herbáceas, así como en acumulaciones de rocas y hojarasca (Flores-Pardón, Gregoriani, Kiriakos & Cornejo-Escobar, 2014). Por su parte, Lamar y Sasa (2003) encontraron que *P. porrasi* descansa de día en la hojarasca y sobre troncos pequeños. Algunas similitudes con estos comportamientos se observaron durante este estudio, pues se encontró que *P. yucatanicum* descansa durante el día a la sombra de arbustos y herbáceas, en la base de pequeños troncos, sobre acumulaciones de rocas y bajo escombros de madera.

Por otro lado, se ha observado que existe una marcada diferencia en el uso de hábitat entre hembras grávidas y machos en algunas especies de los géneros *Crotalus* y *Agkistrodon* (Reinert, 1984a, b; Reinert & Zappalorti, 1988). Las hembras utilizan sitios con menos cobertura vegetal y más expuestos al sol, que les permiten mantener temperaturas óptimas para el desarrollo de los embriones. Aun cuando en el presente estudio no se recolectaron hembras grávidas, las encontradas se ubicaron en sitios con abundancia de materia vegetal y arbustiva, próximos a parches de suelo desnudo, donde podrían encontrar condiciones más favorables para la gestación. Esto sugiere que las hembras utilizan sitios más abiertos que los machos.

En cuanto al uso de hábitat entre clases de edad, a diferencia de los adultos que se encontraron en sitios donde la vegetación era más densa, los juveniles estuvieron activos durante el día en sitios abiertos con un patrón de forrajeo al acecho, lo cual es típico en muchos vipéridos (Greene, 1992), ya que el uso del hábitat y la disponibilidad de presas suelen tener una fuerte correlación (Reinert, 1993). Los sitios con menor cobertura vegetal facilitan la detección química de las presas y mejoran la precisión de su ataque, al no haber muchos obstáculos (Eskew et al., 2009). Al respecto, Castoe (2002) reporta una variación ontogenética en la dieta de *P. nasutum*, al encontrar a los juveniles en microhábitats más cercanos a corrientes de agua, donde consumen presas

más pequeñas, como invertebrados y anfibios, mientras los adultos incorporan a su dieta a los roedores.

En este estudio, solo se consideraron variables estructurales para la descripción del microhábitat, debido a que muchos ejemplares fueron encontrados atropellados en la carretera y no se tiene certeza sobre las condiciones de temperatura y humedad que prevalecían desde su muerte hasta el momento de la recolecta. En otros casos, los ejemplares fueron recolectas por pobladores locales y no fue posible contar con estos datos, por lo que estas variables no fueron medidas. Por ello, se considera importante para futuras investigaciones tomar en cuenta la temperatura y la humedad al momento del encuentro, pues se ha demostrado que son importantes para el uso de hábitat e influyen en los patrones de actividad de algunas especies de reptiles (Reagan, 1974). Así mismo, para lograr una mayor comprensión sobre el uso de hábitat y los patrones de actividad de *P. yucatanicum*, se plantea explorar alguna técnica que permita localizar a los individuos de diferente sexo y clase de edad en cualquier momento. En años recientes, el uso de radiotransmisores se ha vuelto más común (Tozetti & Martins, 2007). Sin embargo, esta técnica plantea algunas desventajas cuando se trata de especies pequeñas, como *P. yucatanicum*, por lo que se propone el uso de carretes de hilo (para una descripción detallada de la técnica ver: Tozetti & Martins, 2007) como una alternativa de bajo costo y menos invasiva que los radiotransmisores.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó como parte de la investigación de tesis de maestría de CMGB. El trabajo fue financiado por El Colegio de la Frontera Sur y la beca CONACyT No. 335848. Los autores agradecen a Janneth Padilla por su ayuda en la elaboración del mapa con los sitios de muestreo y a todas las personas que colaboraron en la recolecta de datos. También, al personal de la Zona Arqueológica de Chichén Itzá, por las facilidades otorgadas para el muestreo dentro del predio. El permiso de colecta científica fue emitido por la SEMARNAT (Oficio No. SGPA/DGVS/02570/15, a Fausto R. Méndez de la Cruz, con una extensión para JRCV).

RESUMEN

Se realizaron campañas de muestreo de enero a noviembre de 2015. La recolecta de datos consistió en muestreos diurnos y nocturnos, muestreos nocturnos en carreteras y registros por colectores locales. Se contabilizaron el número de encuentros por mes, la temporada climática, la hora en que fueron encontradas, las condiciones de temperatura y precipitación. Se invirtieron 390.5 h/hombre de muestreo en campo y 4105.8 km de recorrido en carreteras obteniéndose el registro de 23 ejemplares de *Porthidium yucatanicum*. Los sitios de encuentro se caracterizaron a nivel de microhábitat y la cobertura de especies vegetales se cuantificó. Se observó un patrón de actividad estacional con poca actividad en los meses más secos y calurosos y un incremento en la actividad durante la temporada de lluvias. El horario de actividad durante la temporada de secas fue principalmente nocturno, mientras que en la temporada lluviosa se encontraron activas a las primeras horas de la mañana o en días nublados. *Porthidium yucatanicum* utiliza sitios con mayor cobertura de sotobosque, como herbáceas y arbustivas y abundante materia vegetal, donde encuentra protección contra depredadores y sitios para acechar a sus presas. Hubo diferencia en el uso de hábitat entre sexos, pues las hembras se encontraron en sitios más expuestos al sol, donde podrían encontrar condiciones más favorables para la gestación; mientras que los machos se encontraron en sitios más sombreados con mayor cobertura de arbóreas y herbáceas. También hubo diferencia en el uso de hábitat entre los juveniles y adultos, pues los primeros prefirieron sitios libres de obstáculos donde pueden detectar y cazar a sus presas con mayor facilidad; mientras que los adultos se encontraron en sitios donde el sotobosque era más denso.

Palabras clave. *Porthidium yucatanicum*, endémica, Viperidae, hábitat, patrón de actividad.

Número total de palabras: 5024

REFERENCIAS

- Calderón-Mandujano, R. R., Galindo-Leal C., & Cedeño-Vázquez J. R. (2008). Utilización de hábitat por reptiles en estados sucesionales de selvas tropicales de Campeche, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 24(1), 95-114.
- Campbell, J. A. (1976). A new terrestrial pit viper of the genus *Bothrops* (Reptilia, Serpentes, Crotalidae) from western Mexico. *Journal of Herpetology*, 10(3), 151-160.
- Campbell, J. A. (1998). *Amphibian and reptiles of northern Guatemala, the Yucatán, and Belize*. Norman: University Of Oklahoma Press.
- Campbell, J. A. & Lamar W. W. (1989). *The venomous reptiles of Latin America*. Ithaca: Comstock publishing associates.
- Campbell, J. A., & Lamar W. W. (2004). *The venomous reptiles of the western hemisphere*. Ithaca: Comstock publishing associates.
- Canfield, R. H. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 39(4), 388-396.
- Castoe, T. A. (2002). Microhabitat selection in *Porthidium nasutum* (Serpentes: Viperidae) in Costa Rica, with comments on ontogenetic variation. *Herpetological Review*, (3), 174-175.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (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. México.
- Duellman, W. E. (1965). *Amphibians and reptiles from the Yucatan Peninsula, Mexico*. Lawrence: University of Kansas Publications, Museum of Natural History.

- Eskew, E. A., Willson J. D., & Winne C. T. (2009). Ambush site selection and ontogenetic shifts in foraging strategy in a semi-aquatic pit viper, the eastern cottonmouth. *Journal of Zoology*, 277, 179-186.
- Fitch, H. S. (1987). Collecting and life history techniques. En: Seigel, R. A., Collins J. T., & Novak S. S. (Eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology* (143-164). New York: Macmillan Publishing Company.
- Flores-Padrón, D., Gregoriani T., Kiriakos D., & Cornejo-Escobar P. (2014). Extensión en el rango de distribución de *Porthidium lansbergii rozei* Peters, 1968 (Toxicofera: Viperidae) para la región Nororiental de Venezuela, incluyendo datos morfológicos y de historia natural. *Saber*, 26(1), 91-96.
- Gibbons, J. W., & Semlitsch R. D. (1987). Activity patterns. En; Seigel, R. A., Collins, J. T. & Novak S. S. (Eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology* (396-421). New York: Macmillan Publishing Company.
- Goodman, B. A., Miles D. B., & Schwarzkopf L. (2008). Life on the rocks: Habitat use drives morphological and performance evolution in lizards. *Ecology*, 89 (12), 3462-3471.
- Greene, H. W. (1992). The ecological and behavioral context of pitviper evolution. En: Campbell, J. A., & Brodie, E. D. (Eds.), *Biology of the pitvipers* (107–117). Tyler, Texas: Selva.
- Hartmann, M. T., Hartmann P. A., Cechin S. Z., & Martins M. (2005). Feeding habits and habitat use in *Bothrops pubescens* (Viperidae, Crotalinae) from Southern Brazil. *Journal of Herpetology*, 39(4), 664-667.
- Henderson, R. W., Dixon J. R. & Soini P. (1978). On the seasonal incidence of tropical snakes. *Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology*, 17, 1-15.

- Hobert, J. P., Montgomery C. E., & Mackessy S. P. (2004). Natural history of the massasauga, *Sistrurus catenatus edwardsii*, in southeastern Colorado. *The Southwestern Naturalist*, 49(3), 321-326.
- Islebe, G. A., Sánchez-Sánchez O., Valdéz-Hernández M., & Weissenberger H. (2015). Distribution of vegetation types. En: Islebe G. A., Calmé S., León-Cortés J. L., & Schmook B. (Eds.), *Biodiversity and Conservation of the Yucatán Peninsula* (39-50). Springer International Publishing Switzerland.
- International Union for Conservation of Nature: IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2014.2. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 10 November 2014.
- Jackson, D. A. (1993). Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*, 74, 2204-2214.
- James, S. E. & M'Closkey, R. T. (2002). Patterns of microhabitat use in a sympatric lizard assemblage. *Canadian Journal of Zoology*, 80, 2226-2234.
- Johnson, J. D. (1974). New records of reptiles and amphibians from Chiapas, Mexico. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, 76(3), 223-224.
- Lamar, W. W., & Sasa M. (2003). A new species of hognose pitviper, genus *Porthidium*, from the southwestern Pacific of Costa Rica (Serpentes: Viperidae). *Revista de Biología Tropical*, 51 (3-4), 797-804.
- Lee, J. C. (1980). An ecogeographic analysis of the herpetofauna of the Yucatan Peninsula. *University of Kansas Museum of Natural History, Miscellaneous Publications*.
- Lee, J. C. (1996). *The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula*. Ithaca: Comstock, Cornell University Press.

- Lee, J. C. (2000). *A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world: The lowlands of Mexico, Northern Guatemala, and Belize*. Ithaca: Cornell University Press.
- Lee, J. C. & Calderón-Mandujano R. (2007). *Porthidium yucatanicum*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007. www.iucnredlist.org. Downloaded on 04 August 2013.
- Lillywhite, H. B. (1987). Temperature, energetics and physiological ecology. En: Seigel R. A., Collins J. T., & Novack S. S. (Eds.), *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology* (422-477). New York: MacMillan Publishing Company.
- Macartney, J., Gregory P., & Larsen K. (1988). A tabular survey of data on movements and home ranges of snakes. *Journal of Herpetology*, 22(1), 61-73.
- Marques, O. A. V., Eterovic A. & Endo W. (2000). Seasonal activity of snakes in the Atlantic forest in southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 22, 103-101.
- Martins, M., & Oliveira M. E. (1998). Natural history of snakes in forests of the Manaus region, Central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History*, 6(2), 78-150.
- Martins, M., Marques O. A. V., & Sazima I. (2002). Ecological and phylogenetic correlates of feeding habits in Neotropical pitvipers of the genus *Bothrops*. En: Schuett G. W., Hoggren M., Douglas M. E., & Greene H. W. (Eds.), *Biology of the vipers* (307-328). Utah: Eagle Mountain Press.
- McCoy, C. J., & Censky E. J. (1992). Biology of the Yucatan hognosed pitviper, *Porthidium yucatanicum*. En: Campbell, J. A., & Brodie, Jr, E. D. (Eds.), *Biology of the pitvipers* (217-222). Tyler, Texas: Selva.
- Nogueira, C., Sawaya R., & Martins M. (2003). Ecology of the pitviper, *Bothrops moojeni*, in the Brazilian Cerrado. *Journal of Herpetology*, 37(4), 653-659.

- Oliveira, M. E., & Martins M. (2001). When and where to find a pitviper: activity patterns and habitat use of the lancead, *Bothrops atrox*, in central Amazonia, Brazil. *Herpetological Natural History*, 8(2), 101-110.
- Porras, L., McCranie J. R., & Wilson L. D. (1981). The systematics and distribution of the hognose viper *Bothrops nasuta* Bocourt (Serpentes: Viperidae). *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 22, 85-107.
- Reagan, D. (1974). Habitat selection in the three-toed box turtle, *Terrapene carolina triunguis*. *Copeia*, (2), 512-527.
- Reinert, H. K. (1984a). Habitat variation within sympatric snake populations. *Ecology*, 65 (5), 1673-1682.
- Reinert, H. K. (1984b). Habitat separation between sympatric snake populations. *Ecology*, 65 (2), 478-486.
- Reinert, H. K. (1993). Habitat selection in snakes. En: Seigel, R. A. & Collins, J. T. (Eds.), *Snakes: Ecology and behavior* (201–240). New York: McGraw Hill.
- Reinert H. K., & Zappalorti R. T. (1988). Timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*) of the Pine Barrens: Their movement patterns and habitat preference. *Copeia*, (4), 964-978.
- Schaefer, W. H. (1934). Diagnosis of sex in snakes. *Copeia*, 194: 181.
- Seigel, R. A. (1992). Ecology of a specialized predator: *Regina graham* in Missouri. *Journal of Herpetology*, 26(1), 32-37.
- StatSoft, Inc. (2005). STATISTICA (data analysis software system). Version 7.1. www.statsoft.com.

- Tabachnick, B. G., & Fidell L. S. (2001). *Using Multivariate Statistics*. Boston: Allyn and Bacon.
- Torrescano-Valle N., & Folan W. J. (2015). Physical settings, environmental history with an outlook on global change. En: Islebe G. A., Calmé S., León-Cortés J. L., & Schmook B. (Eds.), *Biodiversity and Conservation of the Yucatán Peninsula* (9-31) Springer International Publishing Switzerland.
- Tozetti, A. M., & Martins M. (2007). A technique for external radio-transmitter attachment and the use of thread-bobbins for studying snake movements. *South American Journal of Herpetology*, 2, 184-190.
- Tozetti, A. M., & Martins M. (2008). Habitat use by the South-American rattlesnake (*Crotalus durissus*) in south-eastern Brazil. *Journal of Natural History*, 42(19–20), 1435–1444.
- Tozetti, A. M., & Martins, M. (2013). Daily and seasonal activity patterns of free range South-American rattlesnake (*Crotalus durissus*). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(3), 1047-1052.
- Valencia, J. H., Vaca-Guerrero G., & Garzón K. (2010). Natural history, potential distribution and conservation status of the manabi hognose pitviper *Porthidium arcosae* (Schatti and Kramer, 1993) in Ecuador. *Herpetozoa*, 23, 31–43.
- Valdujo, P. H., Nogueira C., & Martins M. (2002). Ecology of *Bothrops neuwiedi pauloensis* (Serpentes: Viperidae: Crotalinae) in the Cerrado of central and southeastern Brazil. *Journal of Herpetology*, (36), 169-176.
- Wasko, D. K., & Sasa M. (2010). Habitat selection of the terciopelo (Serpentes: Viperidae: *Bothrops asper*) in a lowland rainforest in Costa Rica. *Herpetologica*, 66(2), 148-158.

- Weaver, R. E. (2008). Distribution, abundance, and habitat associations of the night snake (*Hypsiglena torquata*) in Washington state. *Northwestern Naturalist*, 89(3), 164-170.
- Whiting, M. J., Dixon J. R., & Greene B. D. (1996). Measuring snake activity patterns: the influence of habitat heterogeneity on catchability. *Amphibia-Reptilia*, 17, 47-54.
- Wund, M., Torocco M., Zappalorti R., & Reinert H. (2007). Activity ranges and habitat use of *Lampropeltis getula getula* (Eastern king snakes). *Northeastern Naturalist*, 14 (3), 343-360.

CUADROS Y FIGURAS

CUADRO 1

VARIABLES ESTRUCTURALES USADAS PARA EL ANÁLISIS DEL USO DE HÁBITAT.

TABLE 1.

Structural variables used in the habitat use analysis.

Clave	Variable	Descripción
AB	Arbóreas	% de cobertura arbórea
AR	Arbustivas	% de cobertura arbustiva
HB	Herbáceas	% de cobertura de herbáceas
MV	Materia vegetal	% cobertura de materia vegetal
R	Rocosisidad	% de rocas
TC	Troncos caídos	% cobertura de troncos caídos
SD	Suelo desnudo	% de suelo desnudo

CUADRO 2

Valores promedio de cobertura de las variables medidas en los sitios de encuentro con *P. yucatanicum*, en Yucatán y Quintana Roo.

TABLE 2.

Average values of coverage variables in the encounter sites with *P. yucatanicum*, in Yucatán and Quintana Roo.

Clave	Variable	General	Macho	Hembra	Adulto	Juvenil
AB	Arbóreas	3.24	4.4	1.51	3.63	2.41
AR	Arbustivas	26.26	31.29	31.15	31.26	15.55
HB	Herbáceas	28.26	24.93	12.22	21.54	42.66
MV	Materia vegetal	24.99	26.15	36.83	29.00	16.39
R	Rocosisdad	8.72	8.19	5.17	7.38	11.59
TC	Troncos caídos	0.2	0.09	0.00	0.07	0.49
SD	Suelo desnudo	8.34	4.95	13.13	7.13	10.93

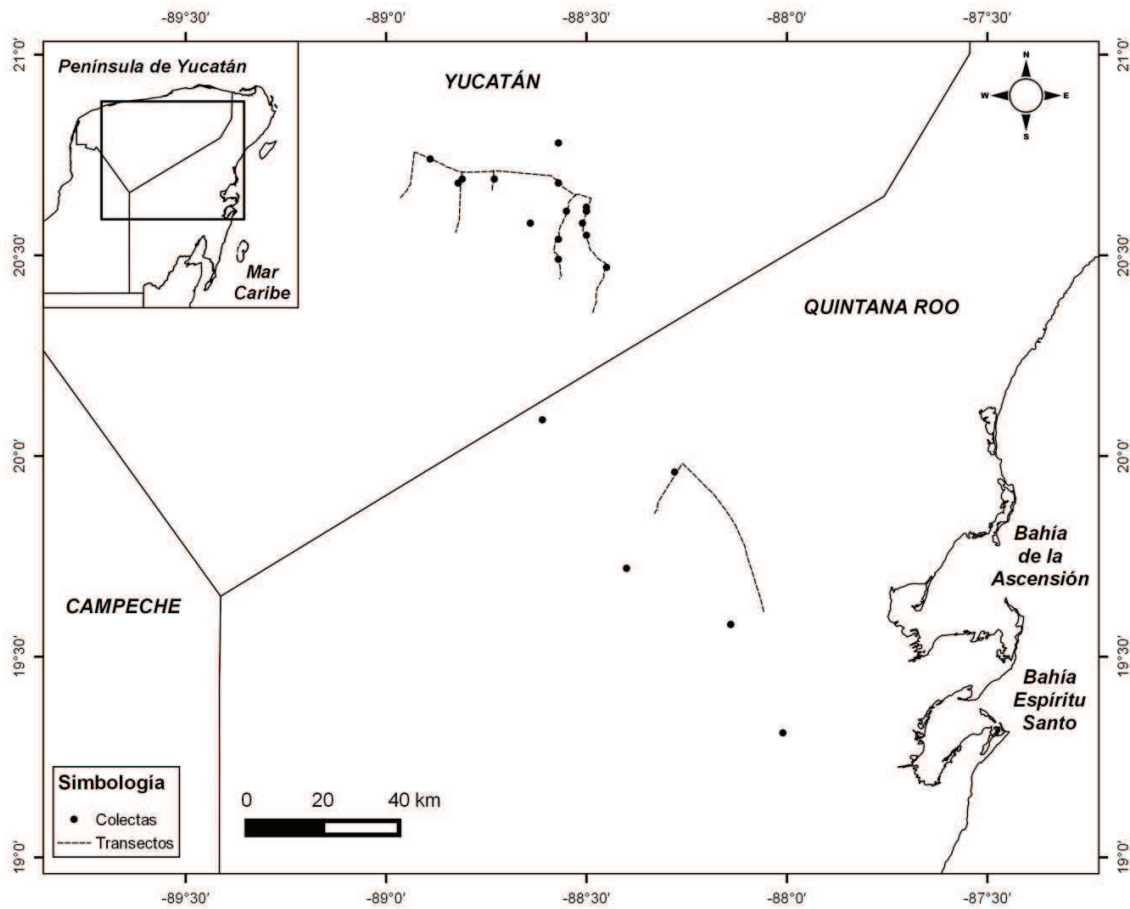


Fig. 1. Área de estudio, transectos en carretera (líneas) y sitios de recolecta (puntos) de *P. yucatanicum*.

Fig. 1. Study area showing sampling sites (point) and road transects (lines) in collecting sites of *P. yucatanicum*.

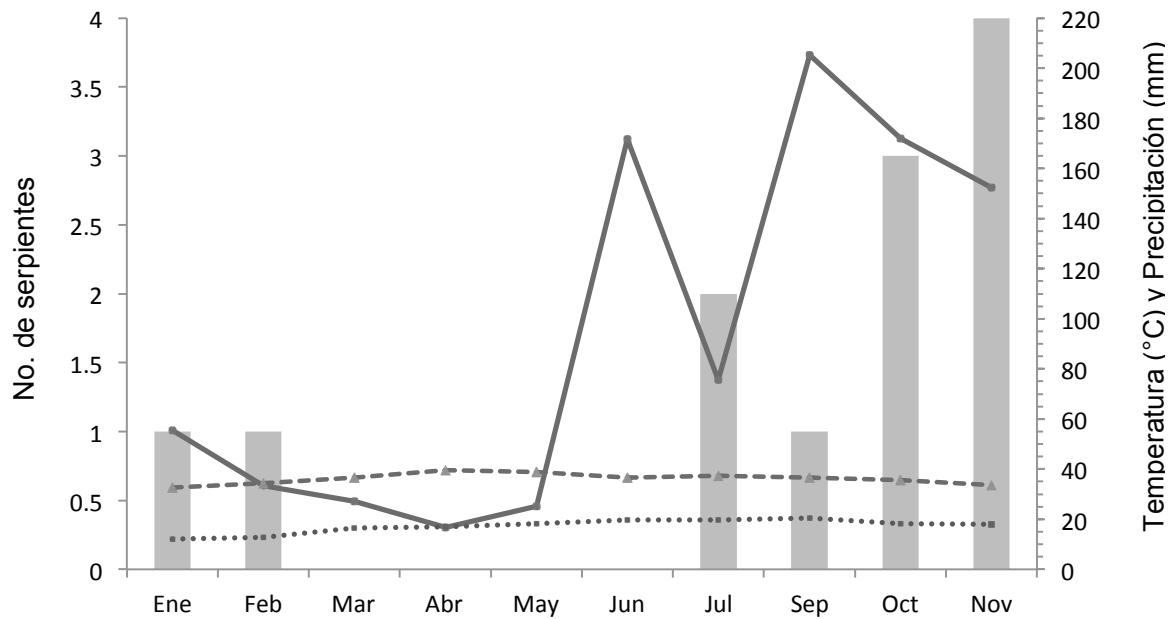


Fig. 2. Número de individuos de *Porthidium yucatanicum* encontrados en carretera junto con los valores de temperatura y precipitación. Columnas grises = no. de serpientes; línea sólida = precipitación; líneas punteadas = temperaturas máxima y mínima.

Fig. 2. Number of individuals of *Porthidium yucatanicum* found on roads, along with temperature and rainfall. Gray bars = number of snakes; solid line = rainfall; dashed lines = maximum and minimum temperatures.

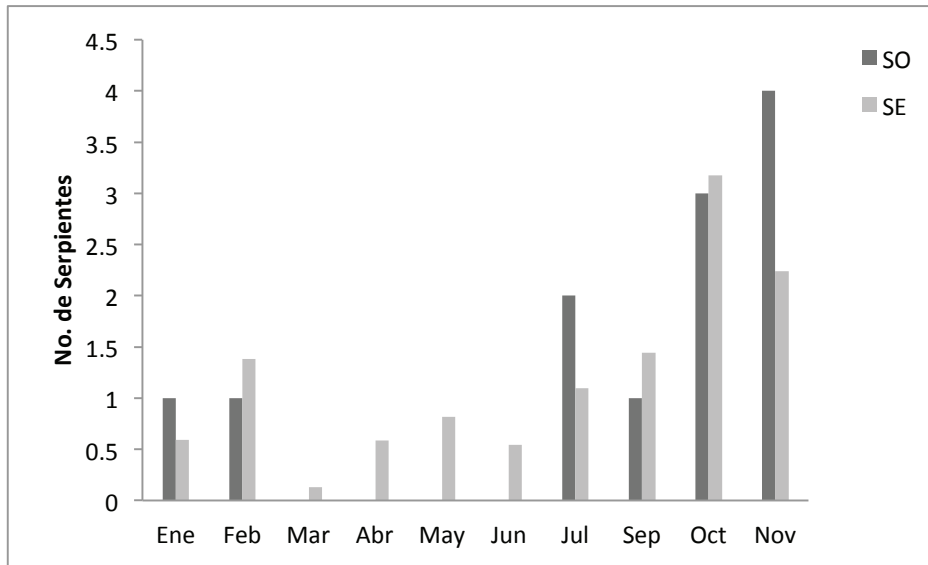


Fig. 3. Número de ejemplares de *P. yucatanicum* observados (SO) y esperados (SE) en recorridos de carretera.

Fig. 3. Number of *P. yucatanicum* observed (SO) and expected (SE) in road transects.

CONCLUSIONES GENERALES

La nauyaca nariz de cerdo (*Porthidium yucatanicum*) presenta un patrón de actividad estacional, con una mayor actividad a mediados y finales de la temporada de lluvias (julio-noviembre).

Esta especie presenta un horario de actividad crepuscular y nocturno, aunque si las condiciones meteorológicas son favorables, puede encontrarse activa o al acecho de presas diurnas en las primeras horas de la mañana y en días nublados.

No se encontró una correlación entre la actividad de *P. yucatanicum* y la temperatura o la precipitación.

Porthidium yucatanicum utiliza en mayor medida sitios con más cobertura del sotobosque, como herbáceas y arbustivas, así como abundante materia vegetal en el suelo.

Existe diferencia en el uso de hábitat entre sexos, pues las hembras utilizan sitios más abiertos que los machos, debido a que estos sitios presentan una mayor exposición al sol y una menor variación térmica, lo que crea condiciones adecuadas para la gestación. También se observó una diferencia en el uso de hábitat entre juveniles y adultos, pues los primeros prefirieron sitios más abiertos que los segundos; conducta asociada a un comportamiento de forrajeo.

En futuros estudios es necesario implementar el uso de una metodología que permita seguir a los individuos durante diferentes periodos en su ámbito de actividad, y tener datos más precisos sobre su patrón de actividad y uso de hábitat.

LITERATURA CITADA

- Calderón-Mandujano R. 2002. *Porthidium yucatanicum*. Propuesta para la realización de 37 fichas biológicas de las especies de herpetofauna incluidas en la NOM-059 presentes en la Península de Yucatán. Museo de Zoología, ECOSUR- Unidad Chetumal. Bases de datos SNIB-CONABIO.
- Calderón-Mandujano R, Bahena BH, Calmé S. 2005. Guía de los anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y zonas aledañas. Quintana Roo. México. D.F: COMPACT, ECOSUR, CONABIO.
- Canseco-Márquez L, Gutiérrez-Mayén MG. 2010. Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. CONABIO, Cuicatlán A.C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Campbell JA, Lamar WW. 1989. The venomous reptiles of Latin America. Ithaca: Comstock publishing associates.
- Campbell JA, Lamar WW. 2004. The venomous reptiles of the western hemisphere. Vol. II. Ithaca: Comstock publishing associates.
- Challenger A, Soberón J. 2008. Los ecosistemas terrestres. En: Capital Natural de México, Vol 1. México: Conocimiento Actual de la Biodiversidad. CONABIO, Pp. 87-108.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 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. México.

- Espinosa OD, Ocegueda CS, Aguilar ZC, Flores VO, Llorente-Bousquets J. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. En: Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: Conabio, Pp. 33-65.
- Flores-Villela O, García-Vázquez UO. 2014. Biodiversity of reptiles in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Suplemento 85: 467-475.
- Gibbons J, Semlitsch R. 1987. Activity patterns. En: Seigel RA et al. eds. *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. New York: Macmillan Publishing Company, p. 184-209.
- Hall LS, Krausman PR, Morrison ML. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25(1): 173-182.
- IUCN. 2014. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2014.2. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 10 November 2014.
- Köhler G. 2008. *Reptiles of Central America*. Offenbach, Germany: Herpeton, Verlag Elke Köhler.
- Krausman P. 1999. Some basic principles of habitat use. En: Launchbaugh, K., Mosley, J. C., Sanders, K., & University of Idaho. eds *Grazing behavior of livestock and wildlife: Pacific Northwest Range Short Course, 1999*: University of Idaho: Moscow, Pp. 85-90.
- Lee JC. 1996. *The amphibians and reptiles of the Yucatán Peninsula*. Ithaca: Comstock, Cornell University Press.

- Lee JC. 2000. A field guide to the amphibians and reptiles of the Maya world: The lowlands of Mexico, Northern Guatemala, and Belize Ithaca: Cornell University Press.
- Lee JC, Calderón-Mandujano R. 2007. *Porthidium yucatanicum*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1. www.iucnredlist.org. Downloaded on 04 August 2013.
- Lillywhite HB. 1987. Temperature, energetics and physiological ecology. En: Seigel R, Collins J, Novack S. eds. Snakes: Ecology and Evolutionary Biology. New York: MacMillan Pub. Co., Pp. 422-477.
- Macartney J, Gregory P, Larsen K. 1988. A tabular survey of data on movements and home ranges of snakes. *Journal of Herpetology* 22(1): 61-73.
- Marques OAV, Eterovic A, Endo W. 2000. Seasonal activity of snakes in the Atlantic forest in southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 22: 103-111.
- McCoy CJ, Censky EJ. 1992. Biology of the Yucatan hognosed pitviper, *Porthidium yucatanicum*. En: Campbell JA y Brodie Jr ED. eds. Biology of the pitvipers. Texas: Selva, Tyler, Pp. 217-222.
- Montenegro J, Acosta A. 2008. Programa innovador para evaluar uso y preferencia de hábitat. *Universitas Scientiarum* 13(2): 208-217.
- Moore JA, Gillingham JC. 2006. Spatial ecology and multi-scale habitat selection by a threatened rattlesnake: The Eastern massasauga (*Sistrurus catenatus catenatus*). *Copeia* (4): 742-751.
- Parra-Olea G, Flores-Villela O, Mendoza-Almeralla C. 2014. Biodiversity of amphibians in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad, Suplemento* 85: 460-466.

- Reinert HK. 1984a. Habitat variation within sympatric snake populations. *Ecology* 65(5): 1673-1682.
- Reinert HK. 1984b. Habitat separation between sympatric snake populations. *Ecology* 65(2): 478-486.
- Reinert HK. 1993. Habitat selection in snakes. En: Seigel RA y Collins JT. eds. *Snakes: Ecology and behavior*. New York: McGraw Hill, Pp. 201-240.
- Reinert HK, Zappalorti RT. 1988. Timber rattlesnakes (*Crotalus horridus*) of the Pine Barrens: Their movement patterns and habitat preference. *Copeia* (4): 964-978.
- Steen DA, Smith LL, Conner LM, Brock JC, Hoss SK. 2007. Habitat use of sympatric rattlesnake species within the Gulf coastal plain. *The Journal of Wildlife Management* 71(3): 759-764.
- Tozetti AM, Martins M. 2013. Daily and seasonal activity patterns of free range South-American rattlesnake (*Crotalus durissus*). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 85(3): 1047-1052.
- Wasko DK, Sasa M. 2010. Habitat selection of the terciopelo (Serpentes: Viperidae: *Bothrops asper*) in a lowland rainforest in Costa Rica. *Herpetologica* 66(2): 148-158.
- Wilson LD, Johnson JD. 2010. Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot. En: Wilson LD, Townsend JH, Johnson JD, Murphy JB. eds. *Conservation of Mesoamerican amphibians and reptiles*. Eagle Mountain, Utah: Eagle Mountain Press, Pp. 18-28.

Wund M, Torocco M, Zappalorti R, Reinert H. 2007. Activity ranges and habitat use of *Lampropeltis getula getula* (Eastern king snakes). *Northeastern Naturalist* 14(3): 343-360.