



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA

ECOLOGÍA

**"Análisis temporal del ámbito hogareño en una comunidad de tortugas compuesta por *Kinosternon creaseri*, *Rhinoclemmys areolata* y *Terrapene yucatanana*".**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**IVETTE ENRÍQUEZ MERCADO**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. RODRIGO MACIP RÍOS**  
ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA, UNAM

**CÓMITE TUTOR: DR. JOSÉ JAIME ZÚÑIGA-VEGA**

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**CÓMITE TUTOR: DR. ANÍBAL HELIOS DÍAZ DE LA VEGA PÉREZ**  
CONACYT-CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA, UATX

**Morelia, Michoacán 2022**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA

ECOLOGÍA

**"Análisis temporal del ámbito hogareño en una comunidad de tortugas compuesta por *Kinosternon creaseri*, *Rhinoclemmys areolata* y *Terrapene yucatanana*".**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

PRESENTA:

**IVETTE ENRÍQUEZ MERCADO**

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. RODRIGO MACIP RÍOS**  
ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA, UNAM

**CÓMITE TUTOR: DR. JOSÉ JAIME ZÚÑIGA-VEGA**

FACULTAD DE CIENCIAS, UNAM

**CÓMITE TUTOR: DR. ANÍBAL HELIOS DÍAZ DE LA VEGA PÉREZ**  
CONACYT-CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA, UATX

**Morelia, Michoacán 2022**

COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

ENTIDAD ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD MORELIA

OFICIO CPCB/896/2022

ASUNTO: Oficio de Jurado

M. en C. Ivonne Ramírez Wence  
Directora General de Administración Escolar, UNAM  
P r e s e n t e

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día **01 de agosto de 2022** se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS** en el campo de conocimiento de **Ecología** de la estudiante **ENRÍQUEZ MERCADO IVETTE** con número de cuenta **520009260** con la tesis titulada "**Análisis temporal del ámbito hogareño en una comunidad de tortugas compuesta por *Kinosternon creaseri*, *Rhinoclemmys areolata* y *Terrapene yucatanana***", realizada bajo la dirección del **DR. RODRIGO MACIP RIOS** quedando integrado de la siguiente manera:

Presidente: DR. ERNESTO VICENTE VEGA PEÑA  
Vocal: DRA. CLEMENTINA GONZÁLEZ ZARAGOZA  
Vocal: DR. ERNESTO RAYA GARCÍA  
Vocal: DR. CARLOS ALBERTO YAÑEZ ARENAS  
Secretario: DR. JOSÉ JAIME ZÚÑIGA VEGA

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 03 de octubre de 2022

**COORDINADOR DEL PROGRAMA**



**DR. ADOLFO GERARDO NAVARRO SIGÜENZA**



**COORDINACIÓN DEL POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Unidad de Posgrado, Edificio D, 1° Piso. Circuito de Posgrados, Ciudad Universitaria  
Alcaldía Coyoacán. C. P. 04510 CDMX Tel. (+5255)5623 7002 <http://pcbiol.posgrado.unam.mx/>

### **Agradecimientos Institucionales**

Agradezco al Posgrado de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por permitirme cursar la maestría y mejorar mis conocimientos.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca (No: 1002326) recibida durante mis estudios de maestría.

Agradezco al proyecto DGAPA-PAPIIT “Reglas de ensamble en comunidades de tortugas. Importancia de la morfología y la historia evolutiva” clave IA200418.

Agradezco a mi tutor principal el Dr. Rodrigo Macip Ríos por su enseñanza y guía durante mi proceso de aprendizaje.

Agradezco al Dr. José Jaime Zúñiga-Vega y al Dr. Aníbal H. Díaz de la Vega Pérez, que, como miembros del Comité Tutor me apoyaron con su conocimiento y experiencia en el desarrollo de este proyecto de investigación.

## **Agradecimientos a Título Personal**

A mi madre, Blanca Rosa Mercado Juárez, que me apoyó en cada una de mis decisiones y de quien aprendí todo lo bueno que hay en mí.

A mi hermoso Amir, que llenó mi vida de felicidad y se desveló cada noche a mi lado mientras estudiaba.

A mi prima, Mónica Olivia Solano Salazar, que me abrió las puertas de su casa e hizo más divertida mi estancia.

A mi mejor amiga, María de los Ángeles Aparicio Martínez, que me ayudó en la realización de mis muestreos, siempre haciendo más divertida cada experiencia y de quien he aprendido mucho.

A mi amigo, Adrián Mendoza Tlacomulco, que me brindó su apoyo y salvó mi computadora del colapso sin importar la hora.

A mi compañero de laboratorio, Taggert Grayson Butterfield, que me ayudó en la realización de mi investigación e hizo posible este proyecto.

A Mario Uc, Armin Uc y su familia, que fueron los guías de campo, colaboraron en los muestreos y me abrieron las puertas de su hogar.

A mi tutor principal, Rodrigo Macip Ríos, que me guió en mi desarrollo académico y le agradezco por su paciencia, comprensión y por motivarme cuando más lo necesitaba.

Al Dr. José Jaime Zúñiga-Vega y al Dr. Aníbal H. Díaz de la Vega Pérez, que me aportaron sugerencias muy útiles para el desarrollo de mi tesis.

A la Escuela de Estudios Superiores (ENES) Unidad Morelia en la UNAM por apoyarme en mi desarrollo como científica y permitirme estudiar la maestría con la que había soñado.

A la Reserva Biocultural Kaxil Kiuik por permitirme realizar el proyecto de investigación dentro de la reserva.

Dedicada a Amir

## Índice

Resumen	1
Abstract	3
1. Introducción	4
2. Objetivos	7
2.1 Objetivo general	7
2.2 Objetivo específico	7
3. Hipótesis	8
4. Justificación	9
5. Antecedentes	10
5.1 Ámbito hogareño	10
5.2 Estimación del ámbito hogareño	11
5.3 Variación estacional del ámbito hogareño	13
6. Especies de estudio	18
6.1 <i>Kinosternon creaseri</i>	18
6.2 <i>Rinoclemmys areolata</i>	20
6.3 <i>Terrapene yucatanana</i>	21
7. Metodología	24
7.1 Área de estudio	24
7.2 Muestreo	25
7.3 Ámbito hogareño	27
7.4 Modelos lineales generalizados	28
7.5 Distancia recorrida	29
7.6 Estructura poblacional	29
7.7 Proporción de sexos	30
8. Resultados	31
8.1 Captura de organismos	31
8.2 Ámbito hogareño	32
8.3 Traslape del ámbito hogareño	42
8.4 Distancia recorrida	43
8.5 Estructura poblacional	46
8.6 Proporción de sexos	47
9. Discusión	49
9.1 Captura de organismos	49
9.2 Ámbito hogareño	50
9.3 Traslape del ámbito hogareño	53
9.4 Distancia recorrida	53
9.5 Estructura poblacional	56
9.6 Proporción de sexos	58
10. Conclusiones	60
11. Referencias bibliográficas	62

## Resumen

El ámbito hogareño es una característica fundamental de la historia de vida y el comportamiento de los organismos, ya que, brinda información sobre los sitios donde los organismos buscan alimento, refugio y parejas para aparearse. El ámbito hogareño cambia a través de la vida de los organismos y lo largo del año o las temporadas del año, siendo influenciado por la disponibilidad de recursos y las necesidades de cada estadio de la historia de vida. En el caso de las tortugas, el ámbito hogareño puede estar afectado por la disponibilidad de agua a lo largo del año, así como la edad y el sexo, debido a las necesidades de cada etapa de la historia de vida. En este estudio se determinó el ámbito hogareño de *Kinosternon creaseri*, *Terrapene yucatanana* y *Rhinoclemmys areolata* en la reserva biocultural Kaxil Kiuik, Yucatán. Durante dos años se llevó a cabo un muestreo de tortugas usando trampas y encuentros visuales. Se le colocaron radiotransmisores en un total de 15 tortugas (cinco por especie), los cuales fueron rastreados por dos años para estimar la distancia promedio recorrida y el ámbito hogareño, además, se estimó la proporción de sexos y la estructura poblacional. La distancia mensual recorrida estuvo relacionada positivamente con la precipitación en las tres especies estudiadas. El ámbito hogareño de *R. areolata* fue mayor que el de *T. yucatanana* y *K. creaseri*. En las tres especies el ámbito hogareño fue mayor en la temporada de lluvias que en la de secas. El índice de traslape entre los individuos de una misma especie fue mayor en temporada de lluvias que en secas. La estructura poblacional de *K. creaseri* estuvo conformada por adultos, juveniles y crías en proporciones muy similares mientras que en *T. yucatanana* y *R. areolata*

estuvo conformada principalmente por adultos, aunque la estructura poblacional no es representativa de la población por el bajo número de capturas. La proporción de sexos en *K. creaseri*, *R. areolata* y *T. yucatanana* no fue significativamente diferente de la proporción esperada 1♂:1♀.

## Abstract

Home range is a fundamental characteristic of the life history and behavior of organisms. Home range study give information on the sites when organisms seek for food, shelter, and mate. Home range changes along lifespan of the organisms and along the year or seasons, driven by resource availability and the basic needs of each life history category. For turtles, home range could be also affected by water availability along the year, age, and sex. In this study home range and dispersal movements were estimated for *Kinosternon creaseri*, *Terrapene yucatanana*, and *Rhinoclemmys areolata* at the biocultural reserve of Kaxil Kiuik, Yucatán. For a two-year period, turtles were surveyed using funnel traps and visual encounters. Fifteen individuals (five per species) were equipped with radio transmitters to track them along the landscape. Average moved distance, home range, population structure, and sex ratio were estimated. Monthly average movements were positively correlated with rain in the three studied species. Home range of *R. areolata* was larger than those of *T. yucatanana* and *K. creaseri*. In the three studied species home range were larger during the dry season. Home range overlap index within same species individuals was higher during the rainy season. Population structure of *Kinosternon creaseri* was conformed mainly by adults, followed by juveniles and hatchlings in equal proportion. Population structure of *T. yucatanana* and *R. areolata* were composed mainly by adults, mostly due to the low number of recaptures of this species. Sex ratio for *K. creaseri*, *R. areolata*, and *T. yucatanana* was not different from the expected 1♂:1♀ sex ratio.

## 1. Introducción

El desplazamiento de las especies es un proceso ecológico importante y la forma más común de conocerlo es evaluando el ámbito hogareño (Servin y Huxley, 1993). El ámbito hogareño se define como el área en el que un individuo realiza sus actividades como la alimentación, el apareamiento y el cuidado de las crías (Burt, 1943), con salidas ocasionales fuera del área, que no son consideradas como parte del ámbito hogareño debido a su naturaleza exploratoria (Powell y Mitchell, 2012).

En los estudios sobre ámbito hogareño, generalmente se supone que todos los hábitats dentro de un área determinada son accesibles por los animales (Silveira *et al.*, 2020), sin embargo, el área que utilizan puede estar determinada por factores externos (bióticos y abióticos), así como por las características propias de las especies e individuos (Lagard *et al.*, 2003). Los factores bióticos que afectan el tamaño del ámbito hogareño son la densidad poblacional y las relaciones intra e interespecíficas (Servin y Huxley, 1993; Stickel, 1989); dentro de los factores abióticos que modifican el ámbito hogareño se encuentra principalmente la temperatura y la precipitación que varía con las estaciones del año (Mysterud *et al.*, 2001; Waldron *et al.*, 2006). Otro de los factores extrínsecos que modifican el ámbito hogareño es la calidad del hábitat ya que si los recursos son escasos o están muy dispersos el ámbito hogareño tiende a ser más grande que en los hábitats con mayor disponibilidad y concentración de recursos (Perry y Garland, 2002). Las características específicas e individuales que modifican el ámbito hogareño son la dieta, edad, sexo, tamaño del individuo, estado reproductivo, entre otras (Mysterud *et al.*, 2001; Silveira *et al.*, 2020).

Las tortugas son uno de los grupos más antiguos de reptiles, tienen sus orígenes en el triásico tardío, hace 220 millones de años aproximadamente. Han sobrevivido extinciones masivas y debido a su plasticidad fenotípica y adaptaciones morfológicas, lo que les ha permitido adaptarse a diferentes ecosistemas marinos, terrestres y dulceacuícolas (Thomson *et al.*, 2021). Debido a que es un grupo muy diverso, el ámbito hogareño es diferente entre las especies de tortugas y dentro de especies entre sitios a lo largo de su distribución geográfica (Slavenko *et al.*, 2016). El ámbito hogareño en las tortugas también difiere con las estaciones del año, debido a que el desplazamiento de los individuos depende de la temperatura y principalmente de la disponibilidad de agua en especies dulceacuícolas (Hall y Steidl, 2007), especialmente en hábitats con estaciones muy marcadas o con temperaturas altas, en donde los recursos como el agua y el alimento suelen ser escasos durante la época seca (Ligon y Stone, 2003).

En hábitats donde las estaciones están muy marcadas se pueden observar diferencias en los patrones de movimiento de las tortugas a lo largo del año y por lo tanto en el ámbito hogareño (Ligon y Stone, 2003). Se ha observado que en algunas especies de tortugas cuando la disponibilidad de alimento aumenta, el tamaño del ámbito hogareño es mayor (Aparicio *et al.*, 2018). Cada especie de tortuga se comporta de manera diferente con los cambios estacionales de acuerdo a su historia de vida y a las necesidades fisiológicas, por lo que el ámbito hogareño es diferente entre las estaciones. Las especies de tortugas acuáticas suelen aumentar su desplazamiento, utilizando arroyos que se forman con la precipitación, y por lo tanto aumenta su ámbito hogareño (Baudinette *et al.*, 2000).

En la reserva Kaxil Kiuik se encuentra una comunidad de tortugas con diferentes características morfológicas y hábitos (*K. creaseri* es acuática, *T. yucatanana* es terrestre y *R. areolata* es semiacuática), por lo que es un hábitat propicio para conocer si existen diferencias en el ámbito hogareño entre las especies y entre la temporada de lluvias y secas. También se determinaron los atributos poblacionales con una finalidad únicamente descriptiva.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Determinar la variación del ámbito hogareño entre la temporada de secas y lluvias y entre especies de tortugas con diferentes hábitos que forman una comunidad en la reserva Kaxil Kiuik en la península de Yucatán, así como describir algunos de sus atributos poblacionales.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el ámbito hogareño de *T. yucatanana*, *R. areolata* y *K. creaseri* asociado a la temporada de lluvias y secas.
- Determinar el traslape del ámbito hogareño intraespecífico entre la temporada de lluvias y secas.
- Evaluar la relación entre la distancia mensual recorrida de *Terrapene yucatanana*, *Rhinoclemmys areolata* y *Kinosternon creaseri* con la precipitación.
- Determinar los atributos poblacionales básicos (proporción de sexos y estructura poblacional) de *T. yucatanana*, *R. areolata* y *K. creaseri*.

### 3. Hipótesis

- Si las tortugas dependen de la disponibilidad de agua para llevar a cabo sus procesos fisiológicos, ecológicos y conductuales, modificando su comportamiento, alimentación y reproducción. Entonces, el ámbito hogareño diferirá entre la temporada de lluvias y secas.

Predicción: El ámbito hogareño de *Rhinoclemmys areolata*, *Terrapene yucatanana* y *Kinosternon creaseri* será mayor en la temporada de lluvias que en la de secas, ya que, tendrán mayor disponibilidad de recursos.

- Si las tortugas con distinto tamaño corporal, recorren distancias diferentes para satisfacer sus requerimientos alimenticios y reproductivos. Entonces, el tamaño del ámbito hogareño diferirá entre las especies.

Predicción: El ámbito hogareño presentará diferencias entre *Rhinoclemmys areolata*, *Terrapene yucatanana* y *Kinosternon creaseri*, siendo las especies con mayor talla corporal (mayores requerimientos de alimento y espacios) las que presenten un ámbito hogareño más extenso.

#### 4. Justificación

Conocer el ámbito hogareño de las tortugas es esencial para entender sus patrones de movimiento y de dispersión, así como los factores que influyen en su distribución local.

Se han realizado diversos estudios sobre la variación intra e interespecífica del ámbito hogareño en tortugas, así como los factores que lo afectan. Además, se ha observado que la estacionalidad modifica el ámbito hogareño en algunas especies, sin embargo, el conocimiento que se tiene es escaso. Por lo que los resultados de esta investigación son importantes, ya que, permitirán aumentar el conocimiento que se tiene sobre la biología de estas especies y permitirá indagar el efecto de la estacionalidad sobre el ámbito hogareño. Además de comprender las diferencias del ámbito hogareño entre tres las especies que representan tres linajes distintos con diferentes características morfológicas y hábitos distintos, ya que *K. creaseri* es acuática, *T. yucatanana* es terrestre y *R. areolata* semiacuática.

Esta investigación también es importante para poder realizar estudios posteriores sobre uso de hábitat, genética del paisaje y apoyar a los esfuerzos de conservación de estas tortugas, ya que, todas presentan un grado de amenaza de acuerdo a la lista roja de la IUCN, mientras que *K. creaseri* y *T. yucatanana* son especies endémicas de la Península de Yucatán. Además, la investigación se llevó a cabo dentro de una reserva biocultural, lo que es importante para aumentar la información que se tiene sobre ecología de las especies en zonas sin intervención antropogénica y que permitirá aumentar el conocimiento ecológico dentro de la reserva.

## 5. Antecedentes

### 5.1 Ámbito hogareño

Los organismos establecen y mantienen su ámbito hogareño con base en el costo energético, recursos, rutas de escape y posibles parejas que se encuentren dentro del área (Perry y Garland, 2022). Por lo tanto, mantener el ámbito hogareño para los individuos conlleva implicaciones energéticas, de asignación de tiempo, supervivencia y relaciones espaciales con otros individuos (Gibbons y Lovich, 2019). El mantenimiento del ámbito hogareño tiene un impacto en la adecuación (Powell y Mitchell, 2012), debido a que los individuos que presentan un ámbito hogareño establecido, a menudo tienen una mortalidad más baja y una tasa de reproducción más alta que sus congéneres que suelen desplazarse constantemente (Buhlmann, 2009). Sin embargo, el tamaño del ámbito hogareño no permanece constante a lo largo del desarrollo de un individuo, debido a que el área del ámbito hogareño que utilizan los individuos cambia durante su ciclo de vida (Burt, 1943). Un patrón común en los animales es que se mueven de un área a otra, abandonando el antiguo ámbito hogareño y estableciendo uno nuevo debido a los cambios en el hábitat o en las necesidades del individuo (Powell y Mitchell, 2012). Millspaugh y Marzluff (2001) consideraron la temporalidad y definieron el ámbito hogareño como el área con una probabilidad definida de presencia de un animal durante un periodo de tiempo específico.

Al analizar el ámbito hogareño se debe considerar más que un área geográfica delimitada por los movimientos individuales, una característica emergente de un conjunto complejo de resultados del movimiento animal (Hooten *et al.*, 2017). Por

lo tanto, para comprender el significado biológico del ámbito hogareño es necesario tener conocimiento sobre la intensidad de uso de varias partes del área del ámbito hogareño (Borger *et al.*, 2008), como por ejemplo, las áreas núcleo, las cuales son más frecuentemente usadas, ya que probablemente contienen refugios y fuentes de alimento (Burt, 1943).

En algunos animales estimar el ámbito de hogareño es relativamente sencillo, ya que, puede estar claramente definido (Borger *et al.*, 2008), o mostrar alguna forma de fidelidad del sitio y los patrones de movimiento necesitan un análisis más exhaustivo (Hooten *et al.*, 2017). En algunas otras especies el ámbito hogareño puede ser variable e incluso traslaparse entre distintos individuos, aunque esa área de superposición es neutral y a veces no forma parte de la zona definida por los animales (Burt, 1943).

## **5.2 Estimación del ámbito hogareño**

El ámbito hogareño nos proporciona información sobre la elección de alimento y el forrajeo, los factores limitantes, el uso de hábitat, la reproducción y la interacción con otros individuos (Harris *et al.*, 1990; Hooten *et al.*, 2017), por lo que, la estimación del ámbito hogareño debe ser lo más precisa posible. El estimador del ámbito hogareño debe delimitar en donde se puede encontrar el individuo (Houle *et al.*, 2011) con un buen nivel de predictibilidad y debe cuantificar la probabilidad de que el individuo se encuentre en diferentes lugares, para entender la importancia que tiene cada zona para el individuo (Powell, 2000). Para cuantificar el ámbito hogareño se debe estimar la distribución de las ubicaciones de los animales a partir de los datos de seguimiento y posteriormente calcular las

regiones de cobertura a partir de la estimación de distribución (Fleming y Calabrese, 2017).

Al estimar el ámbito hogareño se debe considerar si se incluyen las áreas poco frecuentadas por los individuos o si solamente deben considerarse las áreas que son comúnmente utilizadas (Powell, 2000). Debido a lo anterior, se han desarrollado diferentes métodos para estimar el ámbito hogareño, donde cada uno tiene ventajas y desventajas (Powell y Mitchell, 2012). Entre los métodos más utilizados se encuentran: el método de *characteristic hull polygons* (CHPs), el método de cobertura de agujeros falsos (MSHC), el polígono mínimo convexo y el método de Kernel (Seaman y Powell, 1996; Getz y Wilmers, 2004; Burgman y Fox, 2003); sin embargo, los estimadores de densidad no paramétricos son particularmente útiles por su amplia aplicabilidad en la estimación de distribuciones desconocidas (Powell y Mitchell, 2012).

El estimador de la densidad de Kernel es un método no paramétrico que permite estimar la densidad de probabilidad de una variable aleatoria, en base a un número finito de observaciones (Tapia y Trosset, 1994). Fue introducido en la ecología por Worton (1989) y de acuerdo al método de Kernel, el ámbito hogareño es la subregión más pequeña en la que se puede encontrar al individuo y que representa una proporción específica de la utilización del espacio total (Jennrich y Turner, 1969). El método consiste en superponer una cuadrícula sobre los puntos de observación de la muestra y estimar la densidad de observaciones de cada celda (Seaman y Powell, 1996). La densidad estimada es mayor en las zonas con muchas observaciones, por lo que el tamaño del ámbito hogareño estimado está

determinado por los lugares que más utilizan los individuos (Seaman y Powell, 1996; Powell y Mitchell, 2012).

La estimación de la densidad Kernel (KDE) es el método no paramétrico más eficiente estadísticamente para la estimación del ámbito hogareño (Fleming y Calabrese, 2017). Tiene la ventaja de ser poco sensible a los puntos de observación extremos, supone independencia en los datos, es poco sensible a datos correlacionados y calcula centros de actividad, sin embargo tiene la desventaja de necesitar un tamaño de muestra grande (Silverman, 1986).

El método del polígono mínimo convexo (PMC) estima el ámbito hogareño al generar un polígono en donde la unión de todos los puntos perimetrales forma ángulos menores a  $180^\circ$  (Getz y Wilmers, 2004). La ventaja del PMC es que se puede calcular fácilmente a partir de los datos de coordenadas (Hooten *et al.*, 2017) y se utiliza ampliamente en la literatura por lo que es útil para comparar ámbitos hogareños en tortugas (Slavenko *et al.*, 2016). Sin embargo, tiene la desventaja de presentar sensibilidad a las localizaciones extremas y suponer que los individuos utilizan por igual toda el área de distribución, ya que, no otorga mayor peso a las áreas que se utilizan con mayor frecuencia, lo que puede causar que se sobrestimarse el tamaño del ámbito hogareño (Powell, 2012).

### **5.3 Variación estacional del ámbito hogareño en tortugas**

El ámbito hogareño se relaciona con numerosos parámetros, características y requerimientos de los organismos (Bowen, 1982), el cual puede cambiar de lugar con el tiempo y su tamaño varía de acuerdo a la disponibilidad de recursos, el sexo, edad, estación, clima (Mysterud *et al.*, 2001), sistema de apareamiento,

temporada reproductiva y con relaciones intra e interespecífica (Servin y Huxley, 1993; Suárez-Domínguez *et al.*, 2011; Slavenko *et al.*, 2016). También puede variar de acuerdo a la densidad de la población debido a las interacciones entre individuos especialmente en las áreas centrales, en respuesta al hábitat seleccionado por otros organismos (Borger *et al.*, 2008).

En reptiles, los factores abióticos modifican la distribución de los organismos, ya que, su reproducción, actividad y alimentación depende en gran medida de la temperatura y la cantidad de agua y/o humedad disponible (Waldron *et al.*, 2006). Los reptiles comúnmente responden a la variación en las cargas de calor ambiental a través de modificaciones de comportamiento tales como cambios de microhábitats o tiempos de actividad (Plummer, 2003), debido a que los ectotermos pueden regular la temperatura dentro de algunos límites óptimos, en gran parte a través de su comportamiento, facilitando el crecimiento y la reproducción (Carriere *et al.*, 2010).

En tortugas continentales el ámbito hogareño difiere con las estaciones del año debido a que el desplazamiento de los individuos depende de la temperatura, y en el caso de las tortugas acuáticas, depende principalmente de la disponibilidad de agua (Hall y Steidl, 2007). Esto ocurre especialmente en hábitats con estaciones secas o con temperaturas altas, donde los recursos como el agua y el alimento suelen ser escasos (Ligon y Stone, 2003). Durante la temporada de lluvias las tortugas acuáticas se pueden desplazar una mayor distancia en los arroyos que se forman, ya que facilitan el movimiento de los individuos disminuyendo el gasto energético (Baudinette *et al.*, 2000). En el caso de las tortugas terrestres, la

temperatura y la disponibilidad de alimento son los factores que determinen el ámbito hogareño.

Arvisais *et al.* (2002) analizaron la variación estacional del ámbito hogareño en *Clemmys insculpta* y de acuerdo a sus resultados obtenidos el ámbito hogareño se modificó con las estaciones, además las tortugas mostraron fidelidad a su hábitat en la misma estación. En la especie *Chelydra serpentina* también se analizó el efecto de las estaciones sobre el ámbito hogareño y sus resultados demostraron que el desplazamiento y ámbito hogareño de las tortugas fue mayor en verano, mientras que en invierno las tortugas disminuyeron completamente su actividad e hibernaron (Rowe *et al.*, 2020).

Se han realizado diversos estudios sobre el ámbito hogareño del género *Terrapene* (Stickel, 1950; Stickel 1989; Bernstein y Richtsmeier, 2007; Baker, 2009; Harless *et al.*, 2009; Cueto-Morales *et al.*, 2017), incluyendo las diferencias estacionales, como en la especie *Terrapene ornata* en Arizona, en la cual la actividad diaria aumentó con la precipitación y el ámbito hogareño fue mayor en la temporada de lluvias (1.7 ha) que en secas (1.1 ha) (Plummer, 2003). En *Terrapene cohauila* también se observaron diferencias significativas en tamaño del ámbito hogareño, con un promedio de 31.43 ha para los meses de agosto a octubre y de 12.05 ha durante los meses de abril a junio; de acuerdo a Cueto-Morales *et al.* (2017) las diferencias estacionales del ámbito hogareño fueron causadas posiblemente a la disminución del nivel de agua en las pozas. De manera similar Castañeda y Gaytán *et al.* (2012) reportaron diferencias estacionales en *Terrapene cohauila*, con 3.8 ha para los meses de febrero a marzo y de 4.83 ha para agosto a octubre.

En kinostérnidos también se han realizado diversos estudios sobre la ecología poblacional de las especies (Iverson, 1991; Pérez-Pérez *et al.*, 2017; Enríquez *et al.*, 2018), incluida *K. creaseri* (Macip-Ríos *et al.*, 2018) y sobre su ámbito hogareño (Mahmoud, 1969; Morales-Verdeja y Vogt, 1997; Cordero *et al.*, 2012; Hall y Steidl, 2007). Se ha demostrado que los kinostérnidos tienen un ámbito hogareño menor a otras tortugas (Ennen y Scott, 2013; Slavenko *et al.*, 2016) debido a que presentan una alta fidelidad a sus hábitats (Cagle, 1944), que suele estar asociado a la disponibilidad de recursos como el agua y alimento (Stone, 2001).

El efecto de la estacionalidad sobre el ámbito hogareño fue estudiado por Pérez-Pérez *et al.* (2017) en *Kinosternon integrum* en Tonatico, Estado de México y comprobaron que su tamaño varió con la estacionalidad, siendo mayor en la temporada de lluvias. El tamaño del ámbito hogareño estimado durante el periodo de muestreo fue de 0.97 ha, un ámbito hogareño mayor que en otras especies de kinostérnidos. Posteriormente, Aparicio *et al.* (2018), analizaron el ámbito hogareño de *K. integrum* en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán, el tamaño promedio del ámbito hogareño fue de 0.08 ha y la temporada de estivación empezó en octubre-noviembre que es cuando los cuerpos de agua alcanzan su nivel mínimo de agua. Otro caso similar lo podemos observar en *K. sonoriense* quienes durante las olas de calor tienen la capacidad de soportar largos periodos sin agua (Hall y Steidl, 2007).

El conocimiento sobre el ámbito hogareño de *Rhinoclemmys* es escaso, aunque sí se tiene información sobre la ecología del género (Butterfield *et al.*, 2018; Giraldo *et al.*, 2012); el único estudio que se tiene sobre el ámbito hogareño y patrones de

movimiento es de *R. rubida perixantha* en la reserva de la biosfera Chamela-Cuixmala de Jalisco, en el cual se reportó que el ámbito hogareño fue de 0.92 ha y que los movimientos fueron mayor en la temporada de lluvias con un 94% de cambios en la ubicación a diferencia de la temporada de secas en la cual se reubicaron el 28% de las observaciones. Esto es debido a la mayor disponibilidad de recursos de la temporada de lluvias en comparación con la temporada de secas, donde la falta de comida y agua hace que las tortugas permanezcan inactivas para conservar su energía y minimizar la pérdida de agua (Butterfield *et al.*, 2018).

## 6. Especies de estudio

### 6.1. *Kinosternon creaseri*

*Kinosternon creaseri* es endémica de México, pertenece a la familia Kinosternidae y se distribuye en la península de Yucatán, en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo (Legler y Vogt, 2013). Se caracteriza por presentar dos bisagras móviles en el plastrón, una anterior y otra posterior al pos humeral; el lóbulo posterior no presenta muescas en la parte terminal (Hartweg, 1934). El escudo axilar y el inguinal apenas están en contacto (Legler y Vogt, 2013). La cola termina en una uña cornea y no presenta órganos claspers. La cabeza y el cuello son negros, los lados de la cabeza y el cuello tienen un color gris blanquecino con motas negras y la mandíbula es pardusca con líneas negras. Los machos son más grandes que las hembras y se desarrollan más rápido, se diferencian de las hembras por tener una cola más gruesa y con la garra más grande que las hembras (Iverson, 1998). *Kinosternon creaseri* alcanza la madurez sexual entre los 90 y 110 cm de largo de carapacho (Iverson, 1988) (Figura 1).

Su época más activa es durante la temporada de lluvias (junio a diciembre), y se desplazan por medio de las corrientes y cuerpos de agua (Legler y Vogt, 2013). Durante la temporada de secas se piensa que *K. creaseri* permanece enterrada bajo el suelo (Iverson, 1988). Su alimentación es omnívora se ha encontrado caracoles, insectos y semillas en sus heces (Iverson, 1988), probablemente se alimentan dentro de los cuerpos de agua y no se ha encontrado evidencia de que alimenten fuera del agua (Legler y Vogt, 2013). La temporada reproductiva ocurre durante la temporada de lluvias y pueden tener múltiples nidadas de tres a cuatro huevos por nidada (Legler y Vogt, 2013). Se encuentra principalmente en selvas

tropicales no perturbadas (Iverson, 1998) y puede habitar cuerpos de agua temporales, semipermanentes o permanentes (Legler y Vogt, 2013). De acuerdo con Legler y Vogt (2013) *K. creaseri* es la tortuga más abundante en la península de Yucatán.

De acuerdo a la lista roja de la IUCN se encuentra en la categoría de preocupación menor, y en la NOM- 059- SEMARNAT-2010 no se encuentra dentro de ninguna categoría.

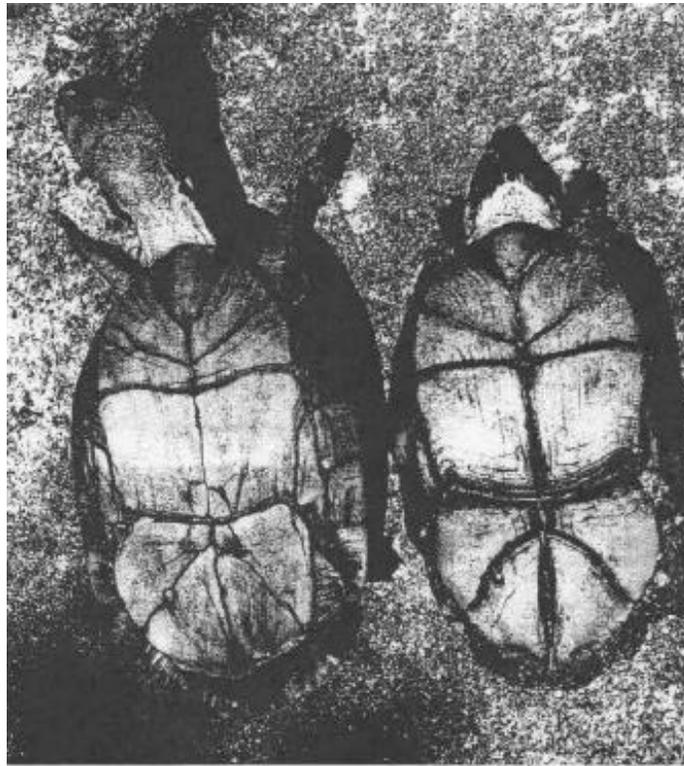


Figura 1. Determinación sexual por caracteres sexuales secundarios en *Kinosternon creaseri*. Derecha: macho, izquierda: hembra. Tomado de Legler y Vogt, 2013.

## **6.2. *Rhinoclemmys areolata***

*Rhinoclemmys areolata* se distribuye en la planicie costera del golfo de México, desde el sureste de Veracruz hacia Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Cozumel, Belice, Guatemala y el noroeste de Honduras (Legler y Vogt, 2013). Se caracteriza por presentar una cabeza pequeña de color marrón rojizo con algunas motas oscuras dorsalmente, un hocico ligeramente saliente y la mandíbula con muesca. También presenta una quilla media dorsal ligeramente aserrada en la parte posterior y tiene márgenes laterales acampanados hacia arriba (Ernst, 1980). El color del caparazón suele ser verde oliva con motas amarillas y a veces de color tostado a negro, cada escudo marginal tiene una pequeña mancha central amarilla, a menudo oscura, que desaparece con la edad y el plastrón es amarillo con una mancha negra en el centro (Legler y Vogt, 2013). Los machos se diferencian de las hembras por ser más pequeños, tener un plastrón cóncavo y por presentar una cola más gruesa y larga que las hembras (Legler y Vogt, 2013) (Figura 2).

La época en que se encuentran más activa *R. areolata* es durante la temporada reproductiva de marzo a septiembre (Vogt et al., 2009). Se han observado cópulas de marzo a septiembre dentro del agua y se piensa que alcanzan la madurez sexual entre los 145-150 cm de largo de carapacho a los 9 o 10 años de edad (Legler y Vogt, 2013). La puesta de huevos se ha observado de mayo a julio y puede tener hasta cuatro nidadas con uno huevo largo por nidada (Vogt et al., 2009).

El hábitat de *R. areolata* son las sabanas, praderas, matorrales espinosos y pantanos, algunos individuos pasan más tiempo que otros en cuerpos efímeros de

agua o riachuelos. Legler y Vogt (2013) reportan que individuos de *R. areolata* utilizan las madrigueras hechas por armadillos como refugio.

La alimentación de *R. areolata* es omnívora y principalmente consumen materia vegetal como hierbas, legumbres, frutas y hongos. Se ha encontrado que se alimentan de coleópteros, caracoles y restos de armadillos (Vogt et al, 2009).

De acuerdo a la lista roja de la IUCN se encuentra en la categoría de casi amenazada y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 están en la categoría de amenazadas.



Figura 2. Determinación sexual por caracteres sexuales secundarios en *Rhinoclemmys areolata*. Derecha: macho, izquierda: hembra.

### **6.3. *Terrapene yucatanana***

*Terrapene yucatanana* es una tortuga endémica de México y se distribuye en el noroeste de la península de Yucatán en los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo (Smith et al., 1996). Se caracteriza por presentar un caparazón

abombado y con una joroba en el tercer escudo vertebral, una quilla ligeramente distinguible en la región media del carapacho, una mandíbula con muesca y extremidades posteriores con cuatro dedos (Buskirk, 1993). La coloración del carapacho es amarillenta con negro entre los escudos y puede presentar algunas manchas radiales negras, el plastrón presenta una coloración uniforme casi negra con amarillo la cabeza, el cuello y las patas pueden presentar manchas amarillas pálidas (Legler y Vogt, 2013).

Los machos se diferencian de las hembras por ser más grandes, presentar un plastrón ligeramente cóncavo, una cola más gruesa y larga con la cloaca expuesta más allá del margen posterior del carapacho y una cabeza de color blanco azulado, en cambio las hembras presentan un carapacho ligeramente convexo y tienen cabeza pardas o amarillas claro (Legler y Vogt, 2013) (Figura 3).

Durante la temporada de lluvias, que coincide con la temporada reproductiva (junio a noviembre), *T. yucatanana* se encuentra más activa (Buskirk, 1993; Butterfield y Macip-Ríos, 2019) y ponen de dos a tres huevos por nidada (Dodd, 2001).

El hábitat de *T. yucatanana* son los bosques tropicales, pero se puede encontrar en zonas de vegetación abierta. Se ha observado en zonas pantanosas, en bosques espinosos y matorrales (Legler y Vogt, 2013). Es una tortuga terrestre pero ocasionalmente se encuentra en cuerpos de agua poco profundos y su dieta es omnívora con preferencia de material vegetal (Legler y Vogt, 2013).

De acuerdo a la lista roja de la IUCN se encuentran en la categoría vulnerable y en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría protección especial.



Figura 3. Determinación sexual por caracteres sexuales secundarios en *Terrapene yucatana*. Derecha: macho, izquierda: hembra.

## 7. Metodología

### 7.1. Área de Estudio

El proyecto se realizó en la Reserva Biocultural Kaxil Kiuik, la cual se localiza en el Estado de Yucatán, a 27 km al suroeste del municipio Oxkutzcab. La reserva se encuentra en la región Puuc, localizada dentro de la Sierra de Ticúl, que se extiende desde el oeste de Yucatán hasta el norte de Campeche. Esta es la única región montañosa en la Península de Yucatán (Figura 4). La reserva Kaxil Kiuik cuenta con una superficie de 1,642 ha y el tipo de vegetación es selva tropical baja y mediana subcaducifolia (Challenger 1998) (Figura 4). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw), y los meses más lluviosos abarcan de junio a octubre (García, 2004).

En Kaxil Kiuik habitan cuatro especies de tortugas: *Kinosternon creaseri*, *Kinosternon scorpioides*, *Rhinoclemmys areolata* y *Terrapene yucatanana*.

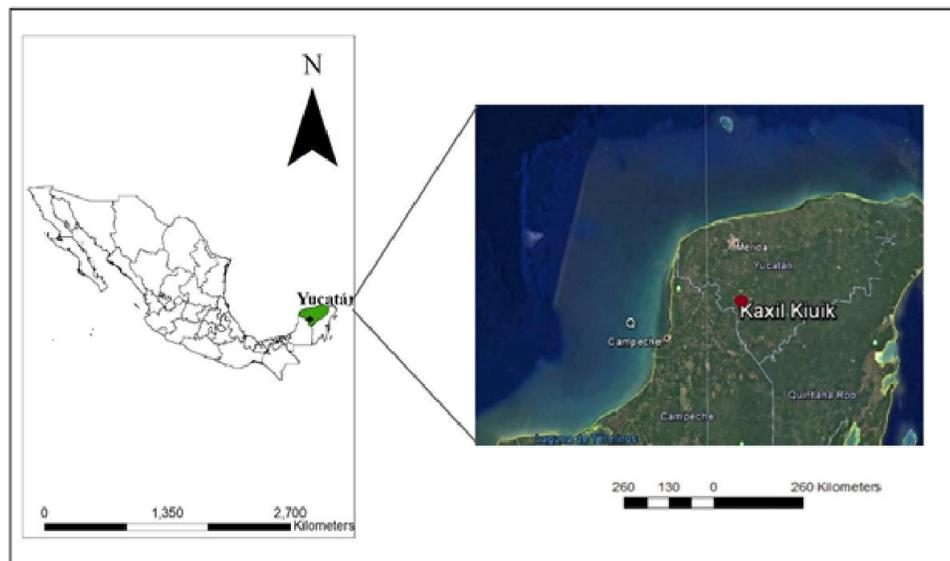


Figura 4. Mapa de la zona del área de estudio donde se puede observar la ubicación de la reserva Kaxil Kiuik en la península de Yucatán.

## 7.2. Muestreo

La captura-recaptura de tortugas se realizó durante los meses de septiembre y octubre del 2019 con dos muestreos a la semana por zona, con un total de 15 muestreos. La búsqueda de tortugas a pie se realizó en las zonas donde se localizaban a las tortugas con radiotransmisor, siguiendo el muestreo de bola de nieve. El esfuerzo de muestreo para la búsqueda a pie se calculó como horas x personas x número de veces de colecta.

Para la colecta de tortugas en sartenejas se escogieron tres sartenejas porque presentaron una profundidad mayor a un metro. La sarteneja A ( $20.0909^{\circ}\text{N}$ ,  $89.5542^{\circ}\text{E}$ ), con 4 m de profundidad y una distancia de 565 m lineales de la sarteneja B. La sarteneja B ( $20.0970^{\circ}\text{N}$ ,  $89.5659^{\circ}\text{E}$ ), con 2 m de profundidad y una distancia de 839 m lineales con respecto a la sarteneja C. La sarteneja C, con 1.5 m de profundidad y una distancia de 1404 m lineales con respecto a la sarteneja A (Figura 5).



Figura 5. Mapa donde se observan las sartenejas en las cuales se realizaron los muestreos en la reserva Kaxil Kiuik.

Los muestreos se realizaron dos veces a la semana con un total de 14 eventos de muestreo, para ello se usaron trampas de embudo con cebo de sardina que ha demostrado ser efectiva para las tortugas acuáticas (Ream y Ream, 1996; Brown *et al.*, 2011) y se colocaron por un lapso de seis horas durante el día. En la sarteneja A y C se colocaron dos trampas de embudo, mientras que en la sarteneja del sitio B se colocó sólo una trampa de embudo. El esfuerzo de muestreo para la captura con trampas se calculó como horas x trampas x días.

Para poder seguir a las tortugas con radio telemetría, se colocaron radiotransmisores a cinco individuos por especie, con un total de 15 individuos con radiotransmisor modelo R1-2B Holohill. Los radiotransmisores se colocaron en el último escudo costal con pegamento epoxi. El receptor utilizado fue modelo TR.4 Telonics y la antena utilizada para localizar a los individuos fue modelo Rubber Ducky. La búsqueda por telemetría se realizó durante el periodo de septiembre a octubre del 2019, dos veces a la semana por individuo y por zona, con un total de 15 muestreos. Desde el mes de noviembre del 2019 a diciembre del 2020 la obtención de datos de telemetría (localizaciones) se continuó realizando semanalmente.

Cada organismo fue marcado en el lugar de colecta por medio de una muesca de identificación única en los escudos marginales. La muesca se realizó con una lima de triangulo. Como código de marcado se utilizó el de Cagle (1939) (Figura 6). Los organismos se midieron en el lugar de colecta con un vernier estándar de 150 mm para obtener el largo del carapacho (mm), largo del plastrón, ancho del plastrón, alto del caparazón y altura. Las tortugas se pesaron con una báscula de resorte de

1000 g y la identificación del sexo se realizó con los caracteres sexuales secundarios.

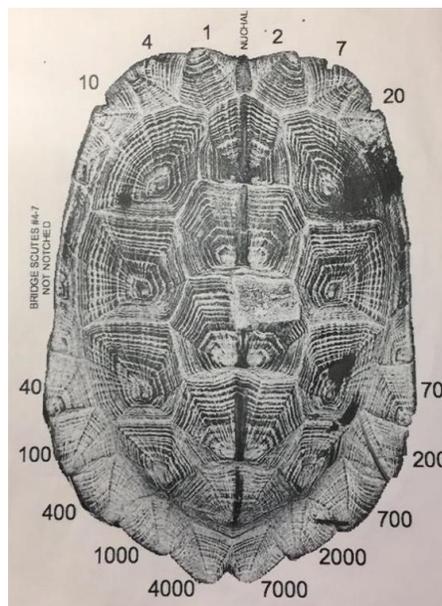


Figura 6. Código de Cagle (1939) para marcar tortugas con muescas en los escudos marginales.

### 7.3. **Ámbito hogareño**

El ámbito hogareño se estimó utilizando las coordenadas de localización de cada individuo con radiotransmisor por medio de dos métodos: el método del polígono mínimo convexo y el método de Kernel al 95% con la validación cruzada de mínimos cuadrados. Se escogió el método del polígono mínimo convexo porque permite comparar los resultados obtenidos con los de otros estudios, ya que es ampliamente usado para determinar el ámbito hogareño en tortugas. El método de Kernel se utilizó debido a que estima el tamaño de la zona donde es más probable encontrar al individuo (Gitzen *et al.*, 2003). También se estimó el área núcleo de

cada especie por medio del Polígono Mínimo Convexo al 50%. Para estimar el traslape del ámbito hogareño entre la temporada de lluvias y secas para cada especie se utilizó el porcentaje de traslape. Todos los análisis se llevaron a cabo en el paquete `adehabitatHR` (Calenge, 2006), en el software R (R Development Core Team 2008).

#### **7.4. Modelos lineales generalizados**

Se realizaron modelos lineales generalizados en los cuales el tipo de distribución fue gaussiano, la variable dependiente fue el ámbito hogareño y las variables independientes fueron la especie (*K. creaseri*, *R. areolata* y *T. yucatanana*) y la temporada (lluvias y secas). El primer modelo (Ámbito hogareño~1) que se realizó supone que el ámbito hogareño no se modifica por la especie o temporada, el segundo modelo (Ámbito hogareño~ Temporada) supone que el ámbito hogareño se modifica con la temporada, el tercer modelo (Ámbito hogareño~ Especie) supone que el ámbito hogareño se modifica con la especie, en el cuarto modelo (Ámbito hogareño~ Especie + Temporada) el ámbito hogareño se modifica con la especie y la temporada, pero sin considerar una interacción entre especie y temporada, y el quinto modelo (Ámbito hogareño~ Especie\*Temporada) consideró que el ámbito hogareño se modificó por la interacción de la especie con la temporada. El modelo seleccionado fue aquel con el menor valor de AIC y el que presentó un  $\Delta AIC > 2$  con respecto a los demás modelos porque indica que existe suficiente apoyo de que los modelos son diferentes (Akaike, 1973). Los análisis estadísticos se realizaron en el software R (R Development Core Team 2008).

### 7.5. Distancia recorrida

La distancia mensual recorrida en promedio para cada se realizó con un propósito descriptivo especie y se obtuvo determinando la distancia diaria recorrida para cada individuo con las coordenadas de localización de cada muestreo.

$$\sum_{i=1}^n = distancia n \frac{\sqrt{(e_2-e_1)^2 + (c_2-c_1)^2}}{t}$$

Donde  $e$  representa las coordenadas de latitud,  $c$  las coordenadas de longitud y  $t$  el tiempo transcurrido entre la toma de coordenadas  $e_1, c_1$  con  $e_2, c_2$ .

Para estimar la relación entre la distancia mensual recorrida y la precipitación se realizó una regresión lineal para cada especie. Los datos de precipitación mensual se obtuvieron de la estación meteorológica de Oxkutzcab.

### 7.6. Estructura poblacional

Las clases de edad de *K. creaseri* se determinaron con base en las clases de talla utilizada por Macip-Ríos et al. (2018). Las clases de edad para *T. yucatanana* y *R. areolata* se determinaron en base a los caracteres sexuales secundarios y la presencia de anillos de crecimiento en los individuos observados en campo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clases de talla utilizadas para determinar la estructura poblacional de *Kinosternon creaseri*.

<b>Clase</b>	<b><i>Kinosternon creaseri</i></b>	<b><i>Terrapene yucatanana</i></b>	<b><i>Rhinoclemmys areolata</i></b>
Adultos	> 90mm	> 130 mm	> 110 mm
Subadultos	80 mm – 90 mm	90 mm – 130 mm	80 mm – 110 mm
Juveniles	40 mm – 80 mm	60 mm – 90 mm	50 mm – 80 mm
Crías	< 40 mm	< 60 mm	< 50 mm

### 7.7. Proporción de sexos

La proporción de sexos se obtuvo con base en la frecuencia de hembras y machos que se presentó en cada población. La proporción de sexos se interpretó como el número de hembras para cada macho (machos: hembras). Se realizó una prueba de  $\chi^2$  (ji cuadrada) para poner a prueba una proporción de sexos esperada de 1♀:1♂.

## 8. Resultados

### 8.1. Captura de organismos

Durante el tiempo de muestreo se capturaron un total de 147 individuos de cuatro especies diferentes: *Kinosternon creaseri*, *Rhinoclemmys areolata*, *Terrapene yucatanana* y *K. scorpioides*. El mayor número de colectas fue de *K. creaseri* con 108 individuos, de los cuales se recapturó el 21.2%, de *R. areolata* se colectaron 25 individuos, pero no se recapturó ninguno y de *T. yucatanana* se capturaron 12 individuos y se recapturó el 8.3% de individuos (Figura 7). También se capturaron 2 tortugas de *K. scorpioides*, pero no se incluyeron en el análisis debido al bajo número de capturas.

El esfuerzo de muestreo para la búsqueda a pie fue de 251 horas-persona con un total de 116 horas de muestreo y con 2 o 3 personas por cada muestreo y 17 individuos capturados de *K. creaseri*, 25 individuos de *R. areolata* y 12 individuos de *T. yucatanana*. En las sartenejas fue de 420 horas-trampa, 91 individuos capturados de *K. creaseri* y dos de *K. scorpioides*.

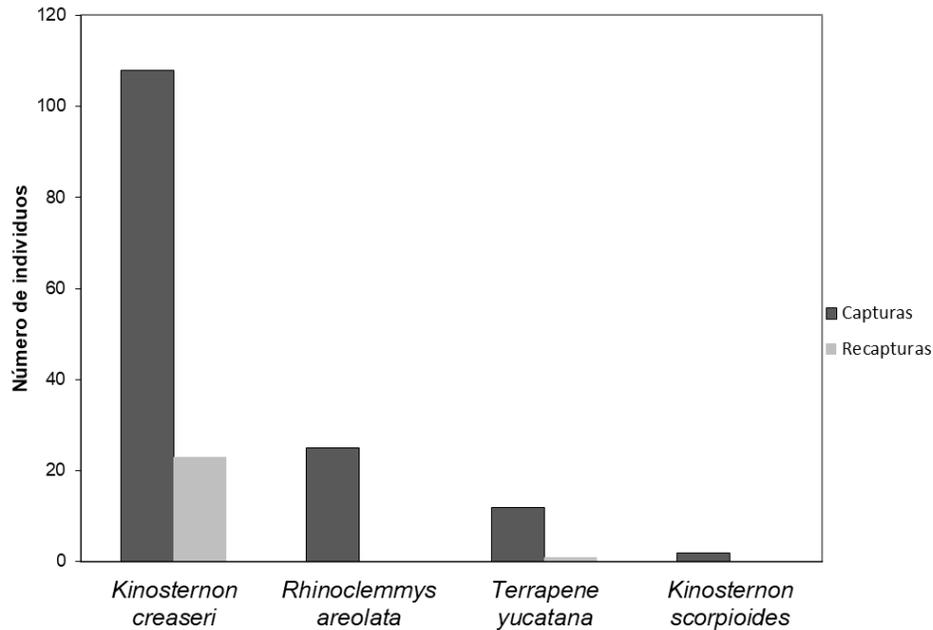


Figura 7. Número de individuos capturados y recapturados de las especies *Kinosternon creaseri*, *Rhinoclemmys areolata* y *Terrapene yucatanana* en Kaxil Kiuik, Yucatán.

## 8.2 Ámbito hogareño

Los resultados del ámbito hogareño corresponden a 15 individuos, cinco individuos por cada especie, durante un periodo de 16 meses que abarca de septiembre del 2019 a diciembre del 2020. En *Terrapene yucatanana* se realizó la telemetría de tres hembras y dos machos con un total de 252 localizaciones y un promedio de  $54.4 \pm 12.6$  localizaciones por individuo. En *Rhinoclemmys areolata* se realizó la telemetría en 4 machos y una hembra, con 313 localizaciones en total y un promedio de  $62.6 \pm 13.2$  localizaciones por individuo y en *Kinosternon creaseri* se realizó la telemetría en dos machos y tres hembras, con un total de 314 localizaciones y un promedio de  $62.8 \pm 12.9$  localizaciones.

Los individuos de *Rhinoclemmys areolata* presentaron un ámbito hogareño de  $16.7 \pm 29.4$  ha en promedio de acuerdo al método del polígono mínimo convexo, y de  $4.8 \pm 5.8$  ha con el método de Kernel; su área núcleo fue de  $2.2 \pm 3.1$  ha. El ámbito hogareño estimado para *K. creaseri* de acuerdo al método del polígono mínimo convexo fue de  $9.3 \pm 17.7$  ha en promedio y con el método de Kernel fue de  $1.4 \pm 1.8$  ha en promedio. El área núcleo fue de  $1.4 \pm 2.5$  ha en promedio, similar al ámbito hogareño estimado con el método de Kernel. El ámbito hogareño de *T. yucatanana* fue el menor de las especies, con un promedio de  $4.02 \pm 3.4$  ha de acuerdo al polígono mínimo convexo y de  $0.7 \pm 0.6$  ha en promedio con el método de Kernel. El área núcleo fue de  $0.3 \pm 0.2$  ha en promedio (Cuadro 2) (Figura 8).

Cuadro 2. Estimación del ámbito hogareño promedio de acuerdo al polígono mínimo convexo y al método de Kernel fijo al 95% y área núcleo con el P.M.C al 50% para *Kinosternon creaseri*, *Rhinoclemmys areolata* y *Terrapene yucatanana*. P.M.C. = polígono mínimo convexo, L.S.C.V. =validación cruzada de mínimos cuadrados, D.E. = desviación estándar.

<b>Especie</b>	<b>Media <math>\pm</math> D.E P.M.C (ha)</b>	<b>Media <math>\pm</math> D.E Kernel L.S.C.V (ha)</b>	<b>Área núcleo P.M.C 50%</b>
<i>K. creaseri</i>	9.3 $\pm$ 17.7	1.4 $\pm$ 1.8	1.4 $\pm$ 2.5
<i>R. areolata</i>	16.7 $\pm$ 29.4	4.85 $\pm$ 5.8	2.2 $\pm$ 3.1
<i>T. yucatanana</i>	4.02 $\pm$ 3.4	0.7 $\pm$ 0.6	0.3 $\pm$ 0.2

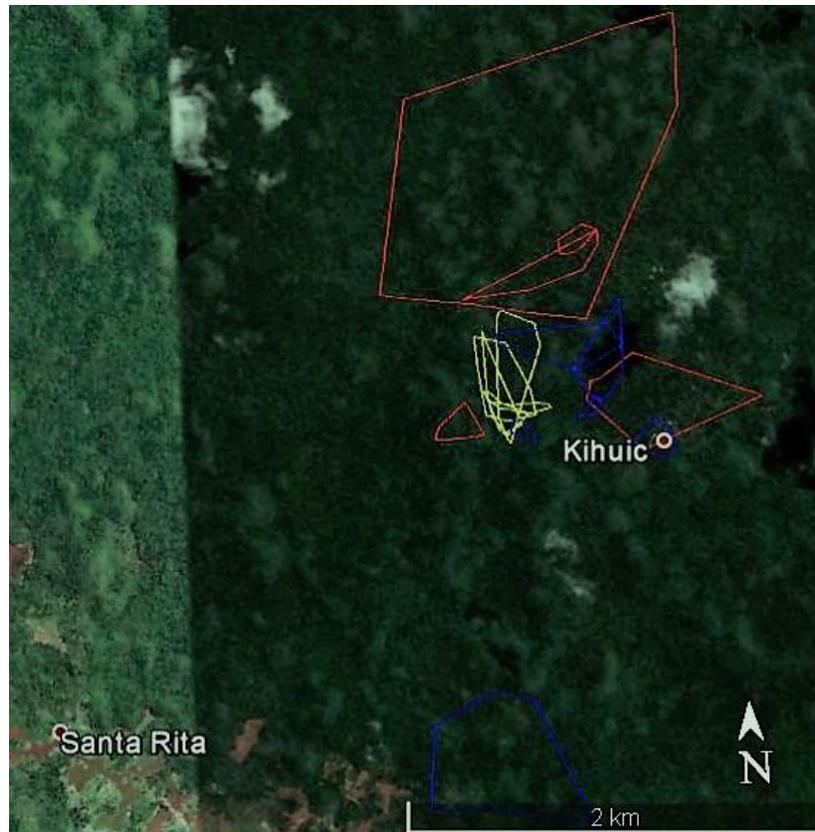


Figura 8. Polígonos mínimos convexos obtenidos para *Kinosternon creaseri* (borde azul), *Rhinoclemmys areolata* (borde rojo) y *Terrapene yucatanana* (borde amarillo) en la reserva Kaxil Kiuik en Yucatán.

En promedio, el ámbito hogareño en la temporada de lluvias para *T. yucatanana* fue  $1.2 \pm 1.3$  ha de acuerdo al P.M.C y de  $0.7 \pm 0.6$  de acuerdo al método de Kernel. En la temporada de secas el ámbito hogareño de acuerdo al P.M.C fue de  $0.9 \pm 0.7$  ha en promedio y de acuerdo al método de Kernel fue de  $0.1 \pm 0.1$  ha en promedio. El área núcleo de la temporada de lluvias fue de 0.1 ha en promedio y de 0.07 ha en la temporada de secas (Cuadro 3, Figura 9).

Cuadro 3. Estimaciones del ámbito hogareño de acuerdo al polígono mínimo convexo y al método de Kernel, así como el área núcleo tanto en la temporada de lluvias como en la temporada de secas para *T. yucatana*. P.M.C = polígono mínimo convexo, L.S.C.V = validación cruzada de mínimos cuadrados.

Temporada	Ámbito hogareño P.M.C (ha)	Ámbito hogareño Kernel L.S.C.V 95% (ha)	Área núcleo (ha)
Lluvias	1.2±1.3	0.7±0.6	0.1±0.1
Secas	0.9±0.7	0.1±0.1	0.07±0.05

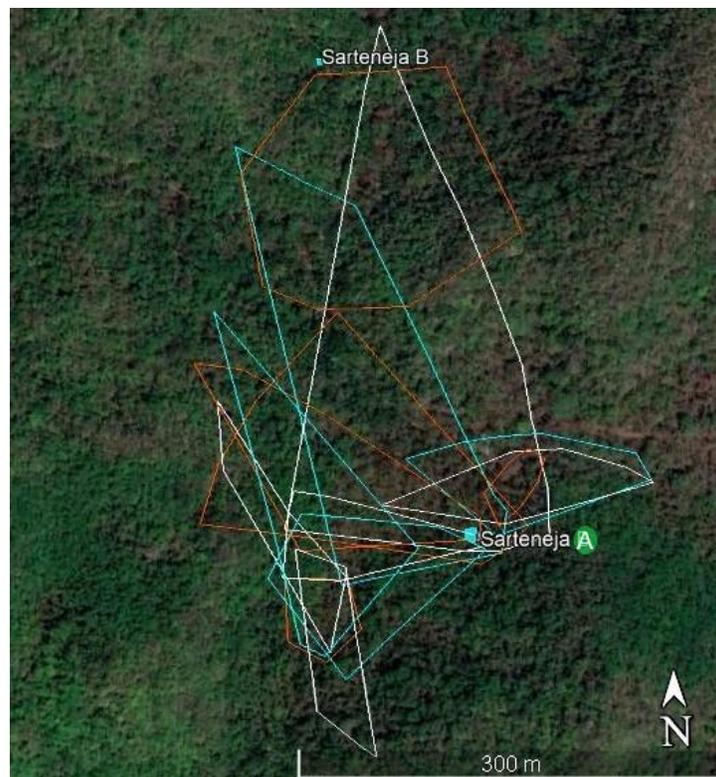


Figura 9. Polígono mínimo convexo de *Terrapene yucatana* en la temporada de lluvias (año 2019: borde azul, año 2020: borde blanco) y en la temporada de secas (borde naranja).

El ámbito hogareño de *R. areolata* en la temporada de lluvias de acuerdo al P.M.C fue de  $7.05 \pm 11.6$  ha en promedio y de acuerdo al método de Kernel fue de  $9.03 \pm 12.1$  ha en promedio. En la temporada de secas el ámbito hogareño fue de  $2.04 \pm 2.06$  ha en promedio de acuerdo al P.M.C y de  $0.61 \pm 0.91$  ha en promedio de acuerdo al Kernel. También el área núcleo fue mayor en la temporada de lluvias con un promedio de  $0.4 \pm 0.5$  ha (Cuadro 4, figura 10).

Cuadro 4. Estimaciones del ámbito hogareño de acuerdo al polígono mínimo convexo y al método de Kernel y área núcleo para la temporada de lluvias y secas de *R. areolata*. P.M.C = polígono mínimo convexo, L.S.C.V =validación cruzada de mínimos cuadrados.

<b>Temporada</b>	<b>Ámbito hogareño P.M.C (ha)</b>	<b>Ámbito hogareño Kernel L.S.C.V 95% (ha)</b>	<b>Área núcleo (ha)</b>
Lluvias	$7.05 \pm 11.6$	$9.03 \pm 12.1$	$0.4 \pm 0.5$
Secas	$2.04 \pm 2.06$	$0.61 \pm 0.91$	$0.3 \pm 0.4$



Figura 10. Polígono mínimo convexo de *Rhinoclemmys areolata* en la temporada de lluvias (año 2019: borde azul, año 2020: borde blanco) y de secas (borde naranja).

El ámbito hogareño de *K. creaseri* para la temporada de lluvias estimado con el P.M.C fue de  $0.6 \pm 0.5$  ha en promedio y con el método de Kernel fue de  $3.3 \pm 9.2$  ha en promedio. El ámbito hogareño estimado para la temporada de secas con el P.M.C fue de  $0.3 \pm 0.7 \pm 9.2$  ha en promedio y con el método de Kernel fue de  $0.04 \pm 0.05$  ha en promedio. El área núcleo en la temporada de lluvias fue de  $0.13 \pm 0.10$  ha en promedio y en la de secas fue de  $0.013 \pm 0.012$  en promedio. (Cuadro 5, figura 11).

Cuadro 5. Estimaciones del ámbito hogareño de acuerdo al polígono mínimo convexo y al método de Kernel, y del área núcleo para la temporada de lluvias y secas de *K. creaseri*. P.M.C = polígono mínimo convexo, L.S.C.V = validación cruzada de mínimos cuadrados.

Temporada	Ámbito hogareño P.M.C (ha)	Ámbito hogareño Kernel L.S.C.V 95% (ha)	Área núcleo (ha)
Lluvias	0.6±0.5	3.3±9.2	0.13±0.10
Secas	0.3±0.7	0.04±0.05	0.013±0.012



Figura 11. Polígono mínimo convexo de *Kinosternon creaseri* de la temporada de lluvias (año 2019: borde azul, año 2020: borde blanco) y de secas (borde naranja).

Para el caso del método del polígono mínimo convexo, el modelo construido para el ámbito hogareño que tiene más apoyo fue en el que el ámbito hogareño cambió con las temporadas y especies (AICc = 85.05); el modelo presenta un  $\Delta AIC > 2$  con respecto al siguiente modelo (Ámbito hogareño~ Especie\*Temporada) y también tiene menos parámetros ( $n = 5$ ) (Cuadro 6). En la temporada de secas el ámbito hogareño fue menor que en la temporada de lluvias ( $P = 0.05$ ) y la especie *Rhinoclemmys areolata* presentó el mayor ámbito hogareño de las especies ( $P = 0.00003$ ) con un promedio de 7.05 ha en la temporada de lluvias y con un promedio de 2.92 ha en la temporada de secas. El ámbito hogareño de *Kinosternon creaseri* en la temporada de lluvias fue de 0.60 ha en promedio y en la temporada de secas fue de 0.37 ha. El ámbito hogareño de *Terrapene yucatanana* también fue pequeño, en comparación de *R. areolata*, con 1.24 ha en promedio como en la de secas con 0.98 ha (Figura 12).

Cuadro 6. Resultados de los modelos lineales generalizados, con el valor de Akaike

Modelo	Np	AICc	$\Delta$ AIC	Weight AIC
Ámbito hogareño ~ Especie+ Temporada	5	85.05	0	0.68
Ámbito hogareño ~ Especie* Temporada	7	87.45	2.40	0.20
Ámbito hogareño ~ Especie	4	88.54	3.49	0.12
Ámbito hogareño ~ Temporada	3	100.64	15.59	2.78E-04
Ámbito hogareño ~ 1	2	102.25	17.20	1.24E-04

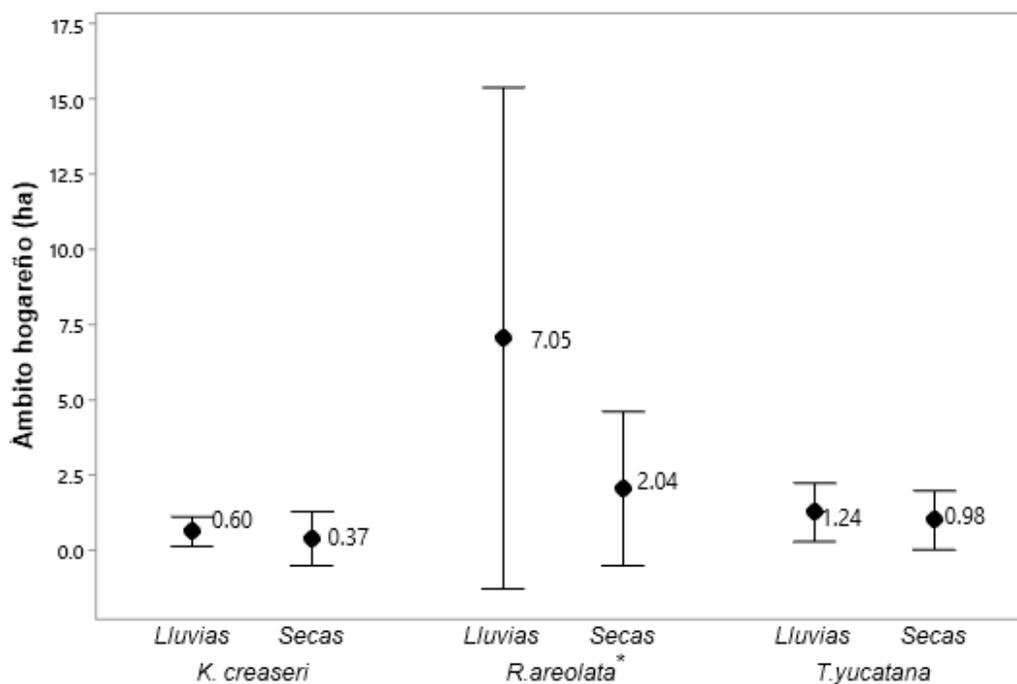


Figura 12. Comparación del ámbito hogareño promedio de las especies *Terrapene yucatanana*, *Rhinoclemmys areolata* y *Kinosternon creaseri* en las temporada de lluvias y secas.

De manera similar en el método de Kernel, el modelo que tiene más apoyo fue en el que el ámbito hogareño fue diferente con las temporadas y especies (AICc = 88.12). En la temporada de secas los ámbitos hogareños fueron significativamente menores ( $P = 0.000001$ ) y la especie *Rhinoclemmys areolata* presentó el mayor ámbito hogareño de las especies ( $P = 0.000001$ ) con un promedio de 9.03 ha en la temporada de lluvias y con un promedio de 0.61 ha en la temporada de secas (Cuadro 7). El ámbito hogareño de *Kinosternon creaseri* en la temporada de lluvias fue de 3.30 ha en promedio y en la temporada de secas fue de 0.04 ha. El ámbito hogareño de *Terrapene yucatanana* también fue pequeño en comparación de *R. areolata*, tanto en la temporada de lluvias del 2019 (0.77 ha en promedio), como en la de secas (0.18 ha). (Figura 13).

Cuadro 7. Resultados de los modelos lineales generalizados, con el valor de Akaike.

Modelo	Np	AICc	$\Delta$ AIC	Weight AIC
Ámbito hogareño ~ Especie+ Temporada	5	88.12	0	0.80
Ámbito hogareño ~ Especie* Temporada	7	90.87	2.75	0.20
Ámbito hogareño ~ Temporada	3	106.54	18.42	7.99E-05
Ámbito hogareño ~ Especie	4	115.97	27.85	7.16E-07
Ámbito hogareño ~ 1	2	124.65	36.53	9.35E-09

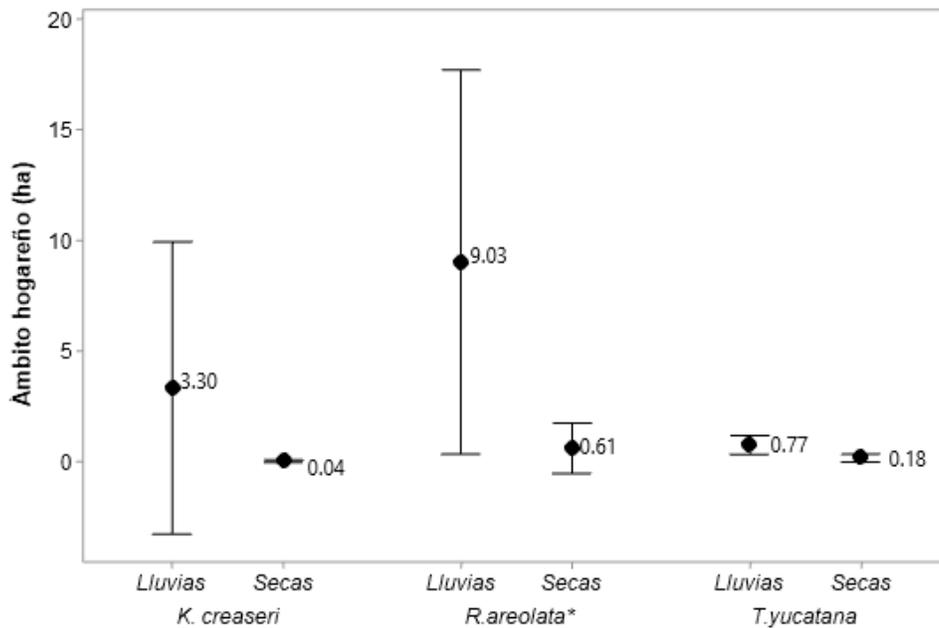


Figura 13. Ámbito hogareño promedio de las especies *Terrapene yucatanana*, *Rhinoclemmys areolata* y *Kinosternon creaseri* en las temporadas de lluvias y secas.

### 8.3 Traslape del ámbito hogareño

El traslape entre los individuos de *K. creaseri* fue del 7% en promedio para la temporada de lluvias y del 4% en promedio para la temporada de secas. Para *R. areolata* el traslape entre los individuos fue de 17% en promedio en la temporada de lluvias y solamente del 2% en la temporada de secas. En *T. yucatanana* el 51% del ámbito hogareño de los individuos se sobrelapó durante la temporada de lluvias y en la temporada de secas los individuos traslaparon el 21% en promedio de su ámbito hogareño (Figura 14).

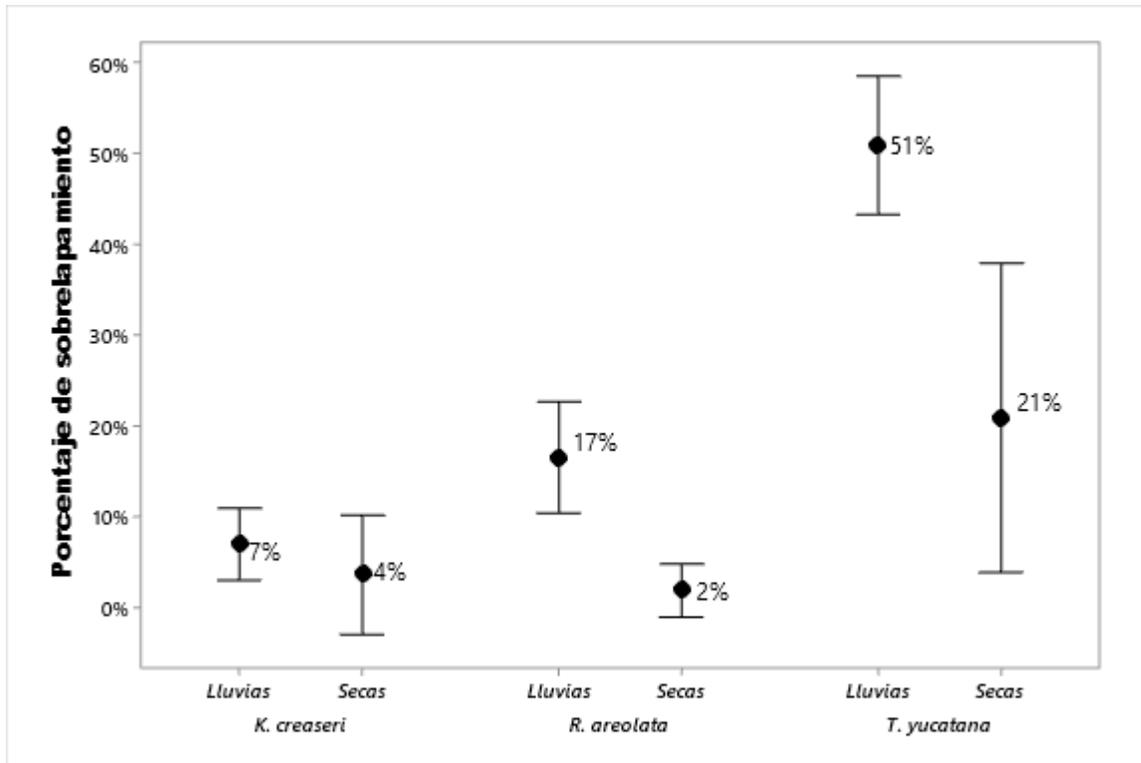


Figura 14. Porcentaje del traslape intraespecífico de *Terrapene yucatanana*, *Rhinoclemmys areolata* y *Kinosternon creaseri* en las temporadas de lluvias y secas.

#### 8.4 Distancia recorrida

La especie *K. creaseri* recorrió una menor distancia durante la temporada de secas (noviembre-mayo). En el mes de febrero cuando la precipitación fue muy baja (24.8 mm), *K. creaseri* recorrió la menor distancia con un promedio de 0.4 m al mes. La mayor distancia mensual recorrida fue durante la temporada de lluvias (junio-octubre). El mes con mayor distancia recorrida fue en octubre con un promedio de 85.2 m al mes y 107.6 mm de precipitación (Figura 15). Sin embargo, en mayo la distancia promedio recorrida fue alta con un valor de 16.8 m al mes y con 68.5 mm de precipitación. La distancia mensual recorrida promedio presentó

una relación positiva y significativa con la precipitación mensual ( $r^2 = 0.65$ ,  $F = 19.2$ ,  $P = 0.001$ ).

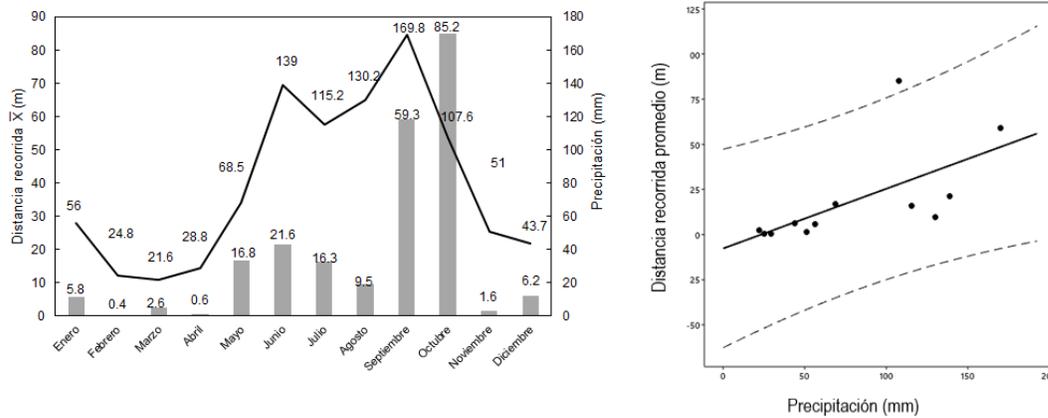


Figura 15. Distancia promedio recorrida y precipitación mensual para *K. creaseri*. Las barras representan la distancia mensual recorrida promedio en metros y la línea representa la precipitación mensual (mm). La línea negra representa la pendiente del modelo lineal, la línea punteada representa los intervalos de confianza del 95%.

*Terrapene yucatanana* recorrió poca distancia durante los meses de la temporada de secas, con excepción de mayo, que recorrió una distancia promedio de 13 m al mes y una precipitación mensual de 65.5 mm. En el mes de enero *T. yucatanana* recorrió la menor distancia con un promedio de 1.9 m al mes y con una precipitación de 56 mm mensual. La mayor distancia mensual recorrida fue durante la temporada de lluvias (junio-octubre) y el mes con mayor distancia recorrida fue en septiembre con un promedio de 135 m y 169.8 mm de precipitación, seguido del mes de octubre con un promedio de 60.5 m recorridos y una precipitación de 107.6 mm (Figura 16). La distancia mensual recorrida

promedio presentó una relación positiva significativa con la precipitación mensual ( $r^2 = 0.52$ ,  $F = 11.19$   $P = 0.007$ ).

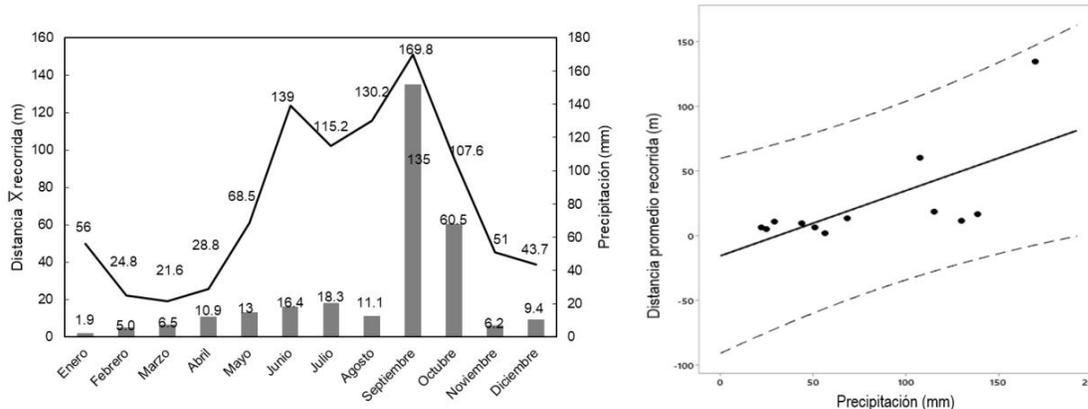


Figura 16. Distancia promedio recorrida y precipitación mensual para *Terrapene yucatanana*. Las barras representan la distancia mensual recorrida promedio en metros y la línea representa la precipitación mensual (mm). La línea negra representa la pendiente del modelo lineal, la línea punteada representa los intervalos de confianza del 95%.

*Rhinoclemmys areolata* presentó una menor distancia recorrida durante la temporada de secas. En el mes de abril recorrió la menor distancia con un promedio de 6.7 m al mes y con una precipitación de 28.8 mm mensual. La mayor distancia mensual recorrida fue durante la temporada de lluvias y al igual que *T. yucatanana*, el mes con mayor distancia recorrida fue en septiembre con un promedio de 135 m al mes y 169.8 mm de precipitación, seguido del mes de octubre con un promedio de 60.5 m recorridos y una precipitación de 107.6 mm (Figura 17). La distancia mensual recorrida promedio presentó una relación positiva significativa con la precipitación mensual ( $r^2 = 0.65$ ,  $F = 18.92$   $P = 0.001$ ).

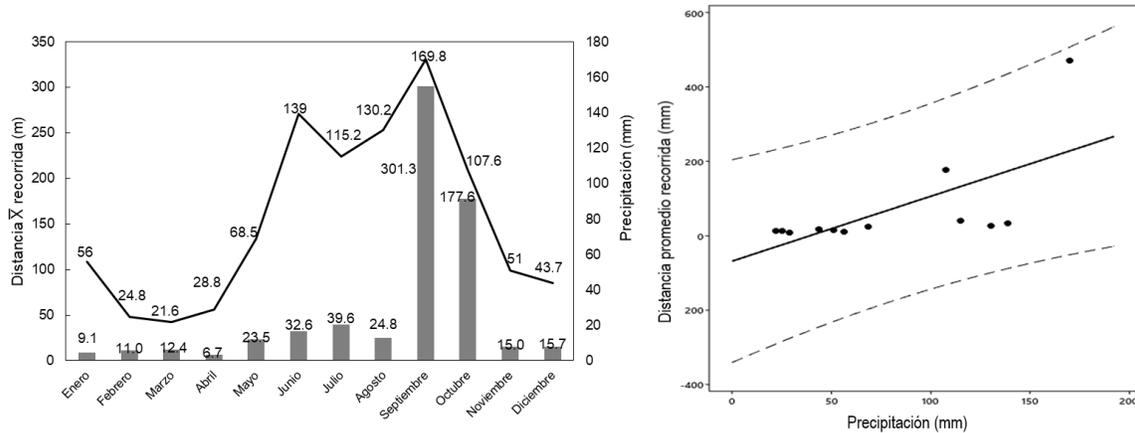


Figura 17. Distancia promedio recorrida y precipitación mensual para *Rhinoclemmys areolata*. Las barras representan la distancia mensual recorrida promedio en metros y la línea representa la precipitación mensual (mm). La línea negra representa la pendiente del modelo lineal, la línea punteada representa los intervalos de confianza del 95%.

### 8.5 Estructura poblacional

La estructura poblacional de *K. creaseri*, *T. yucatanana* y *R. areolata* estuvo compuesta principalmente por adultos, en el caso de *T. yucatanana* no se capturaron juveniles y en *R. areolata* no se capturaron subadultos ni crías. En la población de *T. yucatanana*, la estructura poblacional estuvo compuesta por el 83.3% de adultos (10 individuos), 8.3% de crías (un individuo) y 8.3% de subadultos (un individuo). En la población de *R. areolata* el 60% correspondieron a los adultos (15 individuos) y el 40% a los juveniles (10 individuos). En *K. creaseri* el 35.2% de individuos capturados correspondió a los adultos (38 individuos), el 8.3% a los subadultos (9 individuos), el 30.6% a los juveniles (33 individuos) y el 25.9% a las crías (28 individuos) (Figura 18).

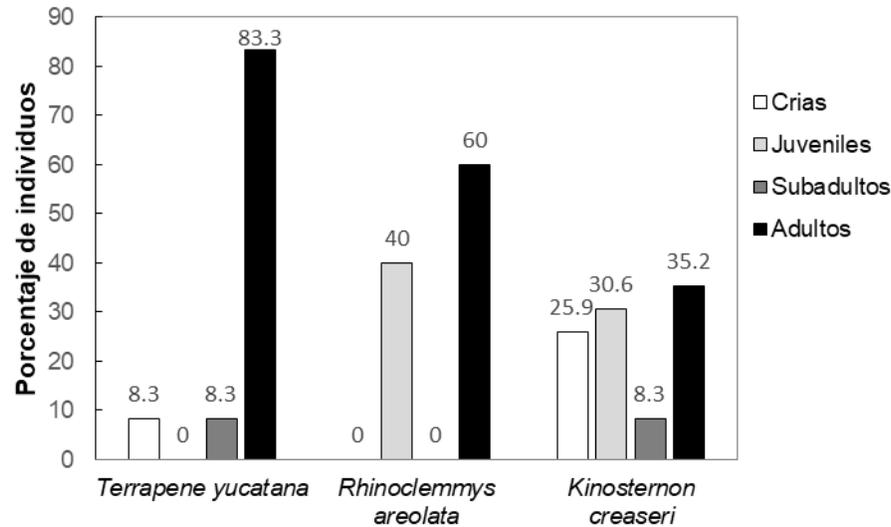


Figura 18. Estructura poblacional de *Terrapene yucatanana*, *Rhinoclemmys areolata* y *Kinosternon creaseri* en Kaxil Kiuik, Yucatán.

### 8.6 Proporción de sexos

En *T. yucatanana* de los individuos capturados, el 60% fueron machos (6 individuos) y el 40% hembras (4 individuos), la proporción de sexos fue de 1.5 machos por cada hembra, pero no se encontraron diferencias significativas ( $\chi^2 = 0.4$ ,  $P = 0.52$ ). En cambio, en *R. areolata* se capturaron más hembras (60%, 9 individuos) que machos (40%, 6 individuos) y la proporción sexual fue 1♂:1.5♀, pero tampoco se encontraron diferencias significativas ( $\chi^2 = 0.6$ ,  $P = 0.43$ ). En *K. creaseri* se capturaron el 57.9% de machos (22 individuos) y 42.1% de hembras (16 individuos). La proporción sexual fue de 1.37 machos por cada hembra, pero tampoco hubo diferencias significativas ( $\chi^2 = 0.94$ ,  $P = 0.33$ ), (Cuadro 8) (Figura 19).

Cuadro 8. Proporción de sexos en las poblaciones de *T. yucatanana*, *R. areolata* y *K. creaseri*.

Sexo	<i>T. yucatanana</i>	<i>R. areolata</i>	<i>K. creaseri</i>
Hembras	4	9	16
Machos	6	6	22
Proporción de sexos	1.5♂:1♀	1♂:1.5♀	1.37♂:1♀

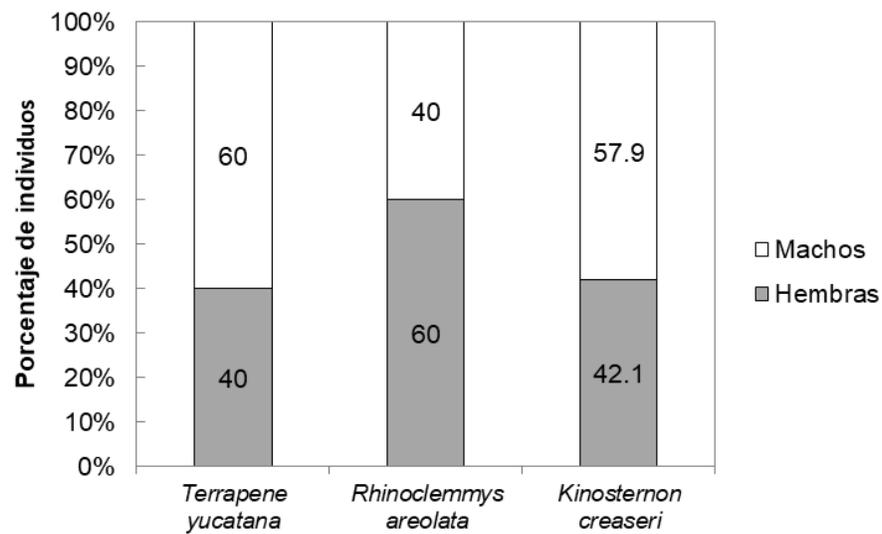


Figura 19. Porcentaje de individuos de *Terrapene yucatanana*, *Rhinoclemmys areolata* y *Kinosternon creaseri*.

## 9. Discusión

### 9.1 Captura de organismos

La especie con mayor cantidad de recapturas fue *K. creaseri*. En las trampas tipo embudo se capturaron más individuos que con el método de búsqueda a pie, lo cual puede deberse a que *K. creaseri* es de hábitos acuáticos, por lo que se encuentran fácilmente en las sartenejas, ya que, el cebo utilizado para atraer a las tortugas ha demostrado ser eficiente (Brown *et al.*, 2011). Además las tortugas capturadas en las trampas atraen a otras, especialmente en la temporada reproductora (Ream y Ream, 1996 & Brown *et al.*, 2011). El número de individuos capturados fueron ligeramente menor a los presentados por Macip-Ríos *et al.* (2018) para la misma especie, ya que capturaron 174 individuos con un mayor esfuerzo de muestreo (445 horas-trampa).

Para las especies *R. areolata* y *T. yucatanana* se obtuvo un bajo número de capturas y recapturas, lo cual no necesariamente refleja una baja densidad poblacional, ya que, es probable que no se hayan detectado otros individuos en los muestreos, por lo que el método de búsqueda está subestimando el número de individuos en ambas especies. Aunque el esfuerzo de muestreo fue alto (252 horas-persona), se considera que la especie *T. yucatanana* es difícil de encontrar, ya que, Legler y Vogt (2013) buscaron individuos de *T. yucatanana* de junio a julio, pero no encontraron ninguno, incluso aún no se tiene información publicada sobre su estado poblacional. El número de capturas de *R. areolata* son menores a los obtenidos por Legler y Vogt (2013) en la Isla Cozumel con 38 adultos capturados.

## 9.2 Ámbito hogareño

Los modelos lineales generalizados confirmaron en parte las predicciones de las hipótesis planteadas, en las que se esperaba que el ámbito hogareño fuera diferente entre temporadas y especies. El ámbito hogareño fue mayor en la temporada de lluvias como se había esperado, lo que se puede deber a que el desplazamiento de las tortugas acuáticas depende principalmente de la disponibilidad de agua (Hall y Steidl, 2007), especialmente en hábitats con estaciones secas marcadas, donde los recursos como el agua y el alimento suelen ser escasos (Ligon y Stone, 2003) como es el caso de la localidad de Kaxil Kiuik.

Los individuos rastreados de *K. creaseri* durante la temporada de lluvias se localizaron en las sartenejas de mayor tamaño y también se adentraron en la selva donde había pequeñas sartenejas temporales en las que estaban reposando o nadando. Las sartenejas son un hábitat importante para *K. creaseri*, donde las poblaciones se congregan para alimentarse, e incluso puede utilizarlo para aparearse y proporciona un lugar que facilita el crecimiento de las clases más jóvenes (Macip- Ríos *et al.*, 2018). El ámbito hogareño fue menor en la temporada de secas, ya que, solamente se desplazaron para ubicar madrigueras donde estivar. De manera similar Aparicio *et al.* (2018), observó que *K. integrum* estuvo en los meses con menor precipitación. Durante la temporada de lluvias el nivel de agua en las sartenejas aumenta, lo que permite que las tortugas obtengan agua y alimento. Las tortugas se localizaron cerca de sartenejas o de los caminos donde se formaban arroyos y la presencia de sartenejas y arroyos permite que las tortugas pueden desplazarse mayores distancias y así aumentar su ámbito hogareño, con un menor gasto energético y a una mayor velocidad de lo que se

desplazan en tierra (Baudinette *et al.*, 2000). Los individuos de *T. yucatanana* durante la temporada de lluvias se localizaron en la zona de selva alta y no se encontraron dentro de ninguna sarteneja ya que son de hábitos completamente terrestres (Legon y Vogt, 2013), pero, si se localizaron en zonas cercanas a las sartenejas caminando, asoleándose y alimentándose de frutos. Durante la temporada de secas los individuos ocuparon las mismas zonas que en la temporada de lluvias y se localizaron todas las veces en madrigueras.

En cuanto a *R. areolata* durante la temporada de lluvias se encontró cerca de la sarteneja A que es la más profunda. También se encontraron en la selva baja y en selva alta, donde había sartenejas temporales de menos de 1m de diámetro en las que se encontraron nadando, lo que se debe a que es una especie con hábitos semiacuáticos y concuerda con lo observado por Legler y Vogt (2013). De manera similar a los resultados obtenidos, Pérez-Pérez *et al.* (2017) encontraron que el ámbito hogareño de *Kinosternon integrum* fue mayor en la temporada de lluvias, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, en los cuales también presentó el mayor ámbito hogareño en la temporada de lluvias con un valor de 0.97 ha lo que fue mayor al ámbito estimado para *K. creaseri*. En *Terrapene cohuila* también se observaron diferencias significativas en el ámbito hogareño, con un promedio de 31.43 ha para los meses de agosto a octubre y de 12.05 ha durante los meses de abril a junio (Cueto-Mares *et al.*, 2017) y las diferencias estacionales del ámbito hogareño fueron causadas posiblemente a la disminución del nivel de agua en las pozas. De manera similar Castañeda-Gaytán *et al.* (2012) reportaron diferencias estacionales en *Terrapene cohuila*, con 3.8 ha para los meses de febrero a marzo y de 4.83 ha para agosto a octubre.

La hipótesis en la cual el ámbito hogareño sería diferente entre especies fue respaldada por el modelo lineal generalizado, sin embargo, no se cumplió la predicción de que *T. yucatanana* presentaría el mayor ámbito hogareño, ya que, es la especie terrestre y más grande, por lo tanto necesitaría recorrer mayores distancias para satisfacer sus requerimientos alimenticios (energéticos) y reproductivos. La tortuga *R. areolata* fue la que presentó un ámbito hogareño diferente y fue mayor a las otras especies, a pesar de que no es la especie de mayor tamaño. Esto se puede deber a que *R. areolata* es de hábitos semiacuáticos y no depende tanto del agua como *K. creaseri* por lo que puede habitar fuera de las sartenejas lo que le permite ampliar su ámbito hogareño y a diferencia de *T. yucatanana* puede utilizar los arroyos y cuerpos de agua para desplazarse rápidamente y con un menor gasto energético (Baudinette *et al.*, 1999; Slavenko *et al.*, 2016), en comparación con *T. yucatanana* que es completamente terrestre. También se puede deber a que es más ligera en comparación de *T. yucatanana*, y al ser menos pesada puede desplazarse mayores distancias con un menor gasto de energía que *T. yucatanana* (Baudinette *et al.*, 1999).

Se sugiere que en estudios futuros se incluyan datos de temperatura, precipitación, disponibilidad de alimento y presencia de depredadores para poder hacer más modelos y poner a prueba tanto los factores bióticos y abióticos que afectan el ámbito hogareño de cada especie.

### 9.3 Traslape del ámbito hogareño

De acuerdo al índice de traslape, los individuos se traslaparon en mayor medida en la temporada de lluvias como se esperaba. Durante la temporada de lluvias el ámbito hogareño de los individuos se puede traslapar para aumentar el éxito reproductivo de las especies y así aumentan la probabilidad de encuentro con organismos del sexo opuesto (Harless et al., 2009). Por otro lado, durante la temporada de lluvias, en la zona de estudio se generan charcas estacionales, las cuáles son altamente productivas, lo cual potencialmente congrega a las tortugas para su alimentación, y, como se mencionó anteriormente, para la búsqueda de recursos reproductivos.

### 9.4 Distancia mensual recorrida

Los resultados confirmaron que la distancia recorrida por *K. creaseri*, *T. yucatanana* y *R. areolata* estuvo relacionada con la precipitación lo que indica que la actividad de las tortugas responde a patrones estacionales. En los meses con mayor precipitación las tortugas recorrieron mayores distancias y su actividad disminuyó en noviembre, al inicio de la temporada de secas. Ligon y Peterson (2002) demostraron que el comportamiento de las tortugas es altamente dependiente de la deshidratación, por lo que la disminución de su desplazamiento puede deberse a que en la temporada de secas la falta de agua y comida hace que las tortugas disminuyan su actividad para evitar la pérdida de agua y energía (Aparicio et al., 2018). Desde mediados de noviembre hasta la penúltima semana de mayo se localizaron a los individuos de *K. creaseri*, *T. yucatanana* y *R. areolata* en madrigueras echas entre la hojarasca, entre piedras o entre las raíces de los árboles. Las ocasiones en que se movieron fue para ubicarse en nuevas

madrigueras en las que permanecieron hasta la última semana de mayo. También, Macip-Ríos *et al.* (2018) encontró en Kaxil Kiuiik a *K. creaseri* estando en madrigueras ubicadas entre piedras, e incluso compartiendo la misma madriguera con *R. areolata*, a diferencia de este estudio en el que las madrigueras de las tres especies de tortugas se encontraron en zonas distintas.

Durante los meses de la temporada de lluvias (junio-octubre), los individuos de *K. creaseri* recorrieron distancias más largas, lo que se puede deber a que la cantidad de agua en las sartenejas aumenta, ya que, *K. creaseri* es acuática y cuando llueve se forman arroyos que permiten desplazarse fácilmente. De manera similar, Pérez-Pérez *et al.* (2017) encontró para *K. integrum* una relación positiva entre la distancia recorrida y la temporada de lluvias con un promedio de 35.07 m para la estación seca y de 74.33 m para la estación de lluvias. También Hall y Steidl (2017) encontraron que la distancia promedio recorrida para la temporada de secas fue significativamente menor que en la temporada de lluvias en *K. sonoriense*, con una de distancia recorrida promedio de 153 m en machos y 41 m en hembras para la estación lluviosa; y de 26 m en machos y 19 m en hembras para la estación seca. La distancia recorrida fue menor en *K. creaseri* con respecto a otras especies debido a que las tortugas acuáticas más grandes tienen que moverse mayores distancias (Slavenko *et al.*, 2016).

Aunque *T. yucatanana* es de hábitos más terrestres, también aumentó su actividad durante la temporada de mayor precipitación cuando se localizó a los individuos desplazándose por los arroyos formados por la lluvia. De manera similar, Plummer (2003) demostró que *Terrapene ornata* aumentó su actividad diaria con la precipitación. Durante la temporada de lluvias se observaron alimentándose de

pequeños frutos y en octubre, que fue el último mes con alta precipitación, se observó un evento de copula, lo que concuerda con la temporada reproductiva, la cual se extiende de julio a noviembre (Butterfield y Macip-Ríos, 2019). También *R. areolata* se encontró más activa durante la temporada lluvias y se observó desplazándose entre los arroyos que se formaban mientras llovía, lo que concuerda con los resultados obtenidos para la especie *Rinoclemmys rubida perixantha* que también se encontró más activa de junio a septiembre (Butterfield *et al.*, 2018).

En las tres especies la distancia mensual promedio recorrida estuvo relacionada significativamente con la precipitación, ya que, la precipitación es el primer factor que afecta la actividad de las tortugas en los trópicos (Morales-Verdeja y Vogt, 1997). Durante la temporada de lluvias las tortugas se pueden desplazar una mayor distancia en los arroyos que se forman, ya que, facilitan el movimiento de los individuos disminuyendo el gasto energético (Baudinette *et al.*, 2000). Por otro lado, el nivel de agua en las sartenejas permite que haya más alimento disponible para *K. creaseri* y *R. areolata* por lo que tienen más energía suficiente para aumentar su actividad diaria. Otro factor importante es que la temporada de lluvias coincide con la temporada reproductiva y la temporada de puesta de las tres especies (Legler y Vogt, 2013), por lo que los machos se desplazan mayores distancias para aparearse con una mayor cantidad de hembras y así asegurar el éxito reproductivo (Slavenko *et al.*, 2016) y las hembras se desplazan en busca de sitios de anidación por lo que recorren mayores distancias durante esta temporada (Cueto-Morales *et al.*, 2017).

## 9.5 Estructura poblacional

La estructura poblacional de *Kinosternon creaseri* estuvo conformada por adultos, juveniles y crías en proporciones muy similares, y con una menor cantidad de subadultos, lo cual sugiere que es una población viable que está conformada por adultos reproductivos y al parecer está en crecimiento, con una buena proporción de crías en la población. Los resultados que se obtuvieron fueron diferentes a los de Macip Ríos *et al.* (2018) para *K. creaseri* en la misma zona de estudio, en los cuales la cantidad de crías y juveniles (139 individuos) fue mucho mayor a la de adultos (21 individuos), lo que se puede deber a que muestrearon únicamente en sartenejas, a diferencia de esta investigación en la cual se encontraron adultos en los muestreos a pie. En comparación con otras especies de kinostérnidos como *K. hirtipes murrayi* en la que su estructura poblacional estuvo conformada por 95% de adultos, 3% de juveniles y 2% de crías (Enríquez *et al.*, 2018), se encontraron una mayor proporción de crías. La proporción de juveniles y crías casi tan alta como los adultos puede estar relacionada con la eclosión de tortugas durante la temporada de lluvias del año (Iverson, 1998).

La estructura poblacional de *T. yucatanana* y *R. areolata* no es representativa de la población debido al bajo número de capturas y solamente describe a los organismos capturados. En *T. yucatanana* se puede observar una mayor proporción de adultos en comparación con los organismos jóvenes, lo que corresponde con la curva de sobrevivencia para tortugas reportada por Iverson (1991), en la cual los organismos inmaduros presentan la menor probabilidad de supervivencia y los adultos una mayor probabilidad de supervivencia. Por el contrario, Castañeda-

Gaytan *et al.* (2020) únicamente encontraron 162 organismos adultos sin ninguna cría, juvenil o subadulto de *T. coahuila* en Cuatro Ciénegas, Coahuila, lo que atribuyeron a la modificación del hábitat, por lo que la presencia de crías y subadultos de *T. yucatanana* en Kaxil Kiuik puede indicar una población sana a pesar de la baja cantidad de capturas.

Para el caso de *R. areolata*, solamente se capturaron adultos y en menor proporción juveniles, lo cual fue muy similar a los resultados obtenidos por Giraldo *et al.* (2012) para *R. nasuta* en Colombia, con una proporción de adultos del 67% y 33% de juveniles. De manera similar, la estructura poblacional para *R. rubida perixantha* en la estación biológica de Chamela, Jalisco estuvo conformada principalmente por adultos con el 86% y el 13% de juveniles (Butterfield *et al.*, 2018). La proporción de adultos encontrada coincide con la alta tasa de supervivencia en adultos (Iverson, 1991) y la alta proporción de juveniles encontrada puede deberse a una alta actividad reproductiva, ya que, en poblaciones de tortugas con varias puestas por temporada reproductiva los juveniles suelen representar hasta el 30% de la población (Gibbs y Amato, 2000).

La estructura poblacional depende de diversos factores del hábitat como es la depredación, el clima y las presiones selectivas, así como el método de colecta (Campbell *et al.*, 2002). La estructura poblacional de *R. areolata* puede deberse al método de colecta, ya que, las trampas tipo embudo capturan principalmente a los adultos (Brown *et al.*, 2011), o a que las crías ocupan diferentes microhábitats a las sartenejas donde se colocaron las trampas.

## 9.7 Proporción de sexos

La proporción de sexos sugiere tanto la supervivencia relativa de hembras y machos como del potencial reproductivo futuro de una población (Skalski *et al.*, 2005). Cuando la proporción está sesgada hacia un sexo puede ser por la diferencia de temperatura durante la incubación, la edad en que alcanzan la madurez sexual, una mortalidad sesgada hacia un sexo o por la migración (Dodd, 1997).

La proporción de sexos en *K. creaseri* no fue diferente de la proporción típica de 1♂:1♀ descrita para el género *Kinosternon* (Pérez-Peréz *et al.*, 2017). Los resultados obtenidos concuerdan con los descritos para *K. creaseri* en la reserva Kaxil Kiuik que también fueron de 1♂:1♀. Por el contrario, la proporción de sexos fue diferente con otras especies, para *K. hirtipes murrayi* en Morelia, Michoacán la proporción de sexos estuvo sesgada hacia los machos con 3.1♂:1♀ (Enríquez *et al.*, 2018); la proporción de sexos también difirió con la reportada para *K. integrum* de 1♂:1.7♀ (Macip-Ríos *et al.*, 2009). Cuando la proporción de sexos es 1♂:1♀ significa que se mantiene la estrategia evolutiva estable en la cual disminuye la competencia por parejas entre los individuos del mismo sexo (Skalski *et al.*, 2005). Debido al número de hembras y machos de *K. creaseri* indica una población reproductivamente estable.

La proporción de sexos para *T. yucatanana* no fue representativa de la población debido al bajo número de capturas y no fue significativamente diferente de la proporción esperada 1♂:1♀, en comparación con *T. coahuila*, donde la proporción de sexos estuvo sesgada hacia las hembras con una proporción de 1♂:2.3♀ (Castañeda-Gaytán, 2020). De manera similar, para *R. areolata* la proporción de

sexos solamente describe a los individuos colectados y no fue diferente de la proporción esperada 1♂:1♀. Por el contrario, para *R. nasuta* en Colombia encontraron que la proporción de sexos estuvo sesgada hacia las hembras con una proporción de 1♂:0.7♀. (Giraldo *et al.*, 2012).

## 10. Conclusiones

1. El ámbito hogareño fue mayor durante la temporada de lluvias, ya que las tortugas se encuentran más activas, lo que se puede deber a que hay mayor disponibilidad de alimento por lo que tienen mayor energía para desplazarse. También porque se forman arroyos por los cuales *K. creaseri* y *R. areolata* se desplazan.
2. El ámbito hogareño fue diferente entre las especies, lo cual puede deberse a los diferentes hábitos que tiene cada especie y su tamaño lo que influye en su capacidad de desplazarse lo que les permite alcanzar diferentes distancias y que el tamaño del ámbito hogareño varíe.
3. Durante la temporada de lluvias el traslape intraespecífico fue mayor probablemente por coincidir con la temporada de apareamiento ya que los machos traslapan su ámbito hogareño con las hembras para aumentar su éxito reproductivo.
4. La distancia mensual recorrida estuvo relacionada positivamente con la precipitación en las tres especies estudiadas, lo que indica que la actividad de las tortugas responde a patrones estacionales.
5. La estructura poblacional de *K. creaseri* indica que es una población viable porque tiene una mayor proporción de adultos reproductivos y de crías lo que indica que se estaban agregando nuevos individuos a la población. La estructura poblacional de *T. yucatanana* y *R. areolata* no fue representativa de la población por el bajo número de capturas, por lo que se sugiere aumentar el esfuerzo de muestreo en investigaciones futuras para poder hacer inferencias sobre la población.

6. La proporción de sexos en *K. creaseri*, *R. areolata* y *T. yucatanana* no fue significativamente diferente de la proporción esperada 1♂:1♀
7. Dentro de una reserva biológica es esencial realizar monitoreos continuos para contar con información actualizada sobre el estado poblacional y el ámbito hogareño de las especies y así identificar las zonas claves para la conservación.

## 11. Referencias bibliográficas

- Akaike, H. (1973) Information Theory and Extension of the Maximum Likelihood Principle. In: Parzen, E., Tanabe, K. and Kitagawa, G., Eds., Selected Papers of Hirotugu Akaike, Springer, New York, 267-281.
- Aparicio, Á., Mercado, I. E., Ugalde, A. M., Gaona-Murillo, E., Butterfield, T., y Macip-Ríos, R. (2018). Ecological observations of the mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*) in the Pátzcuaro Basin, Michoacán, México. *Chelonian Conservation and Biology* 17(2):284-290.
- Arvisais, M., Bourgeois J., Lévesque E., Daigle C., Masse D., y Jutras, J. (2002) Home range and movements of a wood turtle (*Clemmys insculpta*) population at the northern limit of its range. *Canadian Journal of Zoology* 80(3):402-408.
- Baker, J. M. (2009). Home range and movement of the Eastern Box Turtle (*Terrapene carolina*) in East Central Illinois (Tesis de maestría). University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Baudinette, R. V., Miller, A.M., y Sarre, M.P. (2000) Aquatic and terrestrial locomotory energetics in a toad and a turtle: a search for generalizations among ectotherms. *Physiological and Biochemical Zoology* 73(6):672-682.
- Bernstein, N. P., y Richtsmeier, R. J. (2007). Home range and philopatry in the ornate box turtle, *Terrapene ornata ornata*, in Iowa. *The American Midland Naturalists* 157:162–174.

- Borger, L., Dalziel, B., y Fryxell, D.J. (2008). Are there general mechanisms of animal home range behaviour? A review and prospects for future research. *Ecology Letters* 11:637- 650.
- Bowen, W. (1982). Home Range and Spatial Organization of Coyotes in Jasper National Park, Alberta. *The Journal of Wildlife Management* 46(1):201-216.
- Brown, D. J., Devolld, B., y Forstner, M. R. J. (2011). Escapes from hoop nets by red-eared sliders (*Trachemys scripta*). *The Southwestern Naturalist* 56(1)124–127.
- Buhlmann, K. A., Akre, T. S. B., Iverson, J. B., Karapatakis, D., Mittermeier, R. A., Georges, A., y Gibbons, J. W. (2009). A global analysis of tortoise and freshwater turtle distributions with identification of priority conservation areas. *Chelonian Conservation and Biology* 8(2):116–149
- Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). A practical information-theoretic approach. *Model Selection and Multimodel Inference* 2:70-71.
- Burgman, M. A. y Fox, J. C. (2003). Bias in species range estimates from minimum convex polygons: implications for conservation and options for improved planning. *Animal Conservation* 6:19- 28.
- Burt, W.H. (1943). Territoriality and home range concepts applied mammals. *Journal Mammal* 24:346-352.
- Buskirk, J. (1993). Yucatan Box Turtle, *Terrapene carolina yucatana*. *Tortuga Gazzette* 29:1-4.
- Butterfield, T. G., Scoville, A., García, A., y Beck, D. D. (2018). Habitat use and activity patterns of a terrestrial turtle (*Rhinoclemmys rubida perixantha*) in a seasonally dry tropical forest. *Herpetologica* 74(3):226–235.

- Butterfield, T. G., y Macip-Ríos, R. (2019). *Terrapene yucatana*. Courtship and mating behavior. *Herpetological Review* 50(1):129-130.
- Cagle, F. (1939). A System of marking turtles for future identification. *Copeia*. 1939:170-173.
- Calenge, C. (2006). The package adehabitat for the R software: tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling* 197:1035
- Campbell, S. P., Clark, J. A., Crampton, L. H., Guerry, A. D., Hatch, L. T., Hosseini, P. R., y O'Connor, R. J. (2002). An assessment of monitoring efforts in endangered species recovery plans. *Ecological Applications* 12(3):674-681.
- CarriereM.-A. Carrière y G. Blouin-Demers. G., y Blouin-Demers. (2010). Selección de hábitat a múltiples escalas espaciales en las tortugas mapa del norte (*Graptemys geographica*). *Canadian Journal of Zoology* 88(9):846-854.
- Castañeda-Gaytán, G., Salas-Westphal, A. I., Becerra-López, J., Valenzuela-Ceballos, S., Cueto-Mares, A., Aguilar, L. et al. (2012). Monitoreo de la tortuga de Cuatro Ciénegas (*Terrapene coahuila*) en el área de Protección de Flora y Fauna Cuatro Ciénegas. Durango: Universidad Juárez del Estado de Durango-Conanp, Durango, México.
- Castañeda-Gaytan, G. C., Becerra-López, E., Valenzuela-Ceballos, S., Borja-Jiménez, M., Rodríguez-López, B., Castañeda, J., Stanford, C. (2020). Conservation Status and Sex Ratios of the Coahuila Box Turtle (*Terrapene coahuila*) in the Cuatro Ciénegas Valley of Coahuila, México, 2011–2018. *Chelonian Conservation and Biology* 19(1):14.

- Challenger, A., Caballero, J., Zarate, S., y Elizondo, R. (1998). Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México: Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F., México.
- Cordero, G. A., Reeves, R., y Swarth, C. W. (2012). Long distance aquatic movement and home-range size of an eastern mud turtle, *Kinosternon Subrubrum*, population in the Mid-Atlantic Region of the United States. *Chelonian Conservation and Biology* 11(1):121-124.
- Cueto-Mares, M. A., Castañeda-Gaytán, G., Becerra, E., y Rubio-Rincón, A. (2017). Ecología espacial y direccionalidad de hembras de *Terrapene coahuila* en el valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(4):860-866.
- Dodd, J. (1997). Population structure and the evolution of sexual size dimorphism and sex ratios in an insular population of Florida box turtles (*Terrapene carolina bauri*). *Canadian Journal of Zoology* 75(9):1495-1507.
- Enríquez-Mercado, I., Montiel-Ugalde, A., Aparicio, Á., GAONA-MURILLO, E., Butterfield, T., y Macip-Ríos, R. (2018). Population ecology and home range of the Mexican Rough-footed Mud Turtle (*Kinosternon hirtipes murrayi*) in Central México. *Acta Herpetologica* 13(2):109-115.
- Ernst, C. (1980). *Rhinoclemmys areolata* (Dumeril and Bibron) Furrowed land terrapin. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles* 25:1-2.
- Fleming, C. H., y Calabrese, J. M. (2017). A new kernel density estimator for accurate home-range and species-range area estimation. *Methods in Ecology and Evolution* 8(5):571-579.

- García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 5° Edición. Instituto de Geografía-UNAM, México D.F., México.
- Getz, W. M., y Wilmers, C. C. (2004). A local nearest-neighbor convex-hull construction of home ranges and utilization distributions. *Ecography* 27(4):489-505.
- Gibbons, J. W., y Lovich, J. E. (2019). Where has turtle ecology been, and where is it going? *Herpetologica* 75(1):4.
- Gibbs, J.P. y Amato, G.D. (2000). Genetics and demography in turtle conservation. Pp. 207-217. En: M.W. Klemens (ed.). *Turtle Conservation*. Smithsonian Institution Press. Washington D.C.
- Giraldo, A., Garcés-Restrepo, Mario., Carr, J., y Loaiza, J. (2012). Tamaño y estructura poblacional de la tortuga sabaletera (*Rhinoclemmys nasuta*, Testudines: Geoemydidae) en un ambiente insular del Pacífico colombiano. *Caldasia* 34:109-125.
- Gitzen, R. A., y Millspaugh, J. J. (2003). Comparison of least-squares cross validation bandwidth options for kernel home-range estimation. *Wildlife Society Bulletin* 31(3):823-831.
- Hall, D. H., y Steidl, R. J. (2007). Movements, activity, and spacing of sonoran mud turtles (*Kinosternon Sonoriense*) in interrupted mountain streams. *Copeia* 2007(2):403-412.
- Harless, M. L., Walde, A. D., Delaney, D. K., Pater, L. L., y Hayes, W. K. (2009). Home range, spatial overlap, and burrow use of the desert tortoise in the west mojave desert. *Copeia* 2009(2):378-389

- Harris, S., Cresswell, W. J., Forde, P. G., Trehwella, W. J., Woolard, T., y Wray, S. (1990). Home-range analysis using radio-tracking data – a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20:97-123.
- Hartweg, N. (1934). Description of a new Kinosternid from Yucatan. *Occasional Papers of the Museum of Zoology* 273:1-4.
- Hooten, M.B., Johnson, D.S., McClintock, B.T., y Morales, J.M. (2017). Statistical Models for Telemetry Data. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Houle, D., Pélabon., Wagner, G.P., y Hansen, T.F. (2011). Measurement and meaning in biology. *Quarterly Review of Biology* 86:3-34.
- Iverson. J.B. (1988). Distribution and status of creaser' s mud turtle, *Kinosternon creaseri*. *Herpetological Journal* 1:285-291.
- Iverson, J.B. (1991). Patterns of survivorship in turtles (order Testudines). *Canadian Journal of Zoology* 69:385-391.
- Jennrich, R. I., y Turner, F. B. (1969). Measurement of non-circular home range. *Journal of theoretical Biology* 22(2):227-237.
- Lagard, F., Bonnet, W., Henen, B., Legrand, A., Corbin, J., Nagy, K., y Naulleau, G. (2003). Sex divergence in space utilization in the steppe tortoise (*Testudo horsfieldi*). *Canadian Journal of Zoology* 81:380-387
- Legler, J.M., y Vogt, R. C. (2013). The Turtles of México: Land and Freshwater Forms. University of California Press, Berkeley, California.
- Ligon, D.B., and C.C. Peterson. (2002). Physiological and behavioral variation in estivation among mud turtles (*Kinosternon* spp.). *Physiological and Biochemical Zoology* 75:283-293.

- Ligon, D. B., y Stone, P. A. (2003). Radiotelemetry reveals terrestrial estivation in Sonoran Mud Turtles (*Kinosternon sonoriense*). *Journal of Herpetology* 37:750-754.
- Macip-Ríos, R., Jones, M., Willey, L., Akre, T., Gonzalez-Akre, E., y Díaz-Gamboa, Lu. (2018). Population Structure and Natural History of Creaser's Mud Turtle (*Kinosternon creaseri*) in Central Yucatán. *Herpetological Conservation and Biology* 13:366-372.
- Mahmoud, I. Y. (1969). Comparative ecology of the kinosternid turtles of Oklahoma. *The Southwestern Naturalist* 14(1):31.
- Millspaugh, J. J., y Marzluff J. M. (2001). Radio Tracking and Animal Populations (479 pp). San Diego, California: Academic Press.
- Morales-Verdeja, A. S. A., y Vogt, R. C. (2008). Terrestrial Movements in Relation to Aestivation and the Annual Reproductive Cycle of *Kinosternon leucostomum*. *COPEIA* 1997(1):123-130.
- Mysterud, A., Perez-Barberia, F. J., y Gordon, I. J. (2001). The effects of season, sex, and feeding style on home range area versus body mass scaling in temperate ruminants. *Oecologia* 127:30-39.
- Pérez-Pérez, A., López-Moreno, A. E., Suárez-Rodríguez, O., Rheubert, J. L., y Hernández-Gallegos, O. (2017). How far do adult turtles move? Home range and dispersal of *Kinosternon integrum*. *Ecology and Evolution* 7(20):8220-8231.
- Perry, G. y Garland, T. Jr. (2002). Lizard home ranges revisited: effects of sex, body size, diet, habitat, and phylogeny. *Ecology* 83:1870-1885.

- Powell, R. A., y Mitchell, M. S. (2012). What is a home range? *Journal of Mammalogy* 93(4):948-958.
- Plummer, M. (2003). Activity and thermal ecology of the box turtle, *Terrapene ornata*, at its Southwestern Range Limit in Arizona. *Chelonian Conservation and Biology* 4(3):569-577.
- Rowe, A., John, W., William, P., Chelsea, E., Tyler, M., & Mark, A. (2020). Spatial and Thermal Ecology of Snapping Turtles (*Chelydra serpentina*) in a Small, Dystrophic Lake in Central Michigan. *Chelonian Conservation and Biology* 19:32-35
- R Development Core Team. (2008). R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org/>.
- Ream, C., y Ream. R. (1966). The influence of sampling methods on the estimation of population structure in painted turtles. *American Midland Naturalist* 75:325–338.
- Seaman, D.E y Powell, R.A (1996), An Evaluation of the Accuracy of Kernel Density Estimators for Home Range Analysis. *Ecología* 77:2075-2085
- Servin, J., y Huxley, C. (1993). Biología del coyote (*Canis latrans*) en la Reserva de la Biosfera "la Michila" Durango. P. 197-204. En: Avances en El Estudio de Los Mamíferos de México, Medellín, R. A. y G. Ceballos (Coords.). Publicaciones Especiales, Vol. 1, Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. México D.F., México.

- Silveira, M. L., Quintela, F. M., Huckembeck, S., y Loebmann, D. (2020). Home range in freshwater turtles and tortoises: Implications for conservation. *Salamandra* 56:48-56.
- Silverman, B.W. (1986) Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Chapman y Hall, Boca Raton, Florida.
- Skalski, J. R., Ryding, K. E., y Millspaugh, J. J. (2005). *Wildlife Demography. Analysis of Sex, Age, and Count Data*. Elsevier. Nueva York.
- Slavenko, A., Itescu, Y., Ihlow, F., y Meiri, S. (2016). Home is where the shell is: Predicting turtle home range sizes. *Journal of Animal Ecology* 85(1):106-114.
- Stickel, L.F. (1950). Populations and home range relationships of the box turtle *Terrapene c. carolina* (Linnaeus). *Ecological Monographs* 20:351-378.
- Smith H. M., Humphrey, R., y Chizar, D. (1996). A range extension for the box turtle *Terrapene yucatana*. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 32(1):14-15.
- Stickel, L.F. (1989). Home range behavior among box turtles (*Terrapene c. carolina*) of a bottomland forest in Maryland. *Journal of Herpetology* 23:40-44.
- Stone, P. A. (2001). Movements and demography of the Sonoran Mud Turtle, *Kinosternon sonoriense*. *Southwestern Naturalist* 46:41-53.
- Suárez-Domínguez, E. A., Morales-Mávila, J. E., Chavira, R., y Boeck, L. (2011). Effects of habitat perturbation on the daily activity pattern and physiological stress of the spiny tailed iguana (*Ctenosaura acanthura*). *Amphibia-Reptilia* 32:315-322.

- Tapia, R.A., y Trosset, M. W. (1994). An Extension of the Karush–Kuhn–Tucker Necessity Conditions to Infinite Programming. *SIAM Review* 36(1):1-17.
- Thomson, RC, Spinks, PQ y Shaffer, H.B. (2021). A global phylogeny of turtles reveals a burst of climate-associated diversification on continental margins. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 118(7):e2012215118
- Verdon, E., y Donnelly, M. A. (2005). Population structure of Florida box turtles (*Terrapene carolina bauri*) at the southernmost limit of their range. *Journal of Herpetology* 39(4):572-577.
- Vogt, R.C., Platt, S.G., y Rainwater, T.R. (2009). *Rhinoclemmys areolata* (Duméril and Bibron 1851), Furrowed Wood Turtle, Black-bellied Turtle, Mojena. Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. *Chelonian Research Monographs* 5:022.1–022.7.
- Waldron, J. L., Lanham, J. D., & Bennett, S. H. (2006). Using behaviorally-based seasons to investigate canebrake rattlesnake (*Crotalus horridus*) movement patterns and habitat selection. *Herpetologica* 62(4):389-398.
- Worton B. J. (1989). Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70:164-168.