



---

---

Universidad Nacional Autónoma De México  
Facultad De Estudios Superiores Iztacala

“Atributos poblacionales de *Thamnophis scalaris*  
(Serpentes: Colubridae) del Parque Nacional La  
Malinche, Tlaxcala, México.”

T E S I S

Que para obtener el título de Biólogo

P R E S E N T A

Natalia Barrera Sánchez

Director

Dr. Hibraim Adán Pérez Mendoza

Revisores



Los Reyes Iztacala, Edo de México, 2019



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.

## INDICE

Agradecimientos

Resumen

Introducción

Antecedentes

Objetivos

Características de la especie

Área de estudio

Metodología

Resultados

Discusión

Conclusiones

Referencias bibliográficas

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor de tesis Hibrain, gracias por la dedicación y paciencia para enseñarme y guiarme, además de la oportunidad para poder trabajar contigo, ha sido un privilegio.

A mi padres, Mariana y Crispín, gracias por apoyarme y no dejar que me rinda con mis sueños, pero también por ayudarme y tenerme paciencia cuando he necesitado un respiro o cambiar de rumbo, porque sé que lo que más desean es no solo que sea exitosa laboralmente, sino también emocionalmente, que crezca como persona y que sea feliz. Gracias por guiarme, cuidarme y amarme. Sé que no siempre ha sido fácil, pero ustedes dos son el mayor ejemplo que tengo de lo que es ser valiente para enfrentarse a la vida y a uno mismo para poder crecer y estar ahí para los que amas. No siempre he sabido expresarlo, pero espero que sepan que los amo y los admiro mucho.

A mis abuelos Nuria y Antonio, y a mis tíos Pablo y Juan. Los años más felices e importantes de mi vida fueron cuando vivíamos todos juntos, estuvieron ahí para hacerme reír, consolarme, para regañarme, consentirme y guiarme. Todos ustedes me han dado partes de quien soy el día de hoy y no podría estar más orgullosa de formar parte de esta familia. Gracias por apoyarme, impulsarme, inspirarme y sobre todo por jamás dejarme sola cuando he necesitado ayuda. Todavía tengo mucho que aprender y compartir con ustedes, pero sin su cariño y motivación, yo no sería quien soy el día de hoy.

A mi Ἡλῖος y mejor amigo, Alexandros, gracias por motivarme y recordarme lo mucho que me apasiona y disfruto la biología, por ayudarme a encontrar y cuidar mi brillo además de hacerlo aún más intenso en conjunto con el tuyo. Te admiro mucho y quiero que sigamos creciendo juntos, te amo.

## RESUMEN

En el presente trabajo, se analizaron los atributos poblacionales de *Thamnophis scalaris* dentro del Parque Nacional de la Malinche ubicado en Tlaxcala, México. *T. scalaris* es una de las especies menos estudiadas dentro del género *Thamnophis*. Se realizó la captura y estudio de 149 ejemplares, los cuales fueron sometidos a distintos procedimientos con los cuales se pudo estimar biomasa promedio, talla mínima y máxima, proporción sexual de la población, dimorfismo sexual y se pudieron determinar los patrones de actividad de los organismos.

Después de analizar los resultados, se encontró que las hembras, al igual que en la mayoría de las especies de serpientes, presentaron una mayor Longitud Hocico-Cloaca (LHC) que los machos, además de tener más biomasa promedio; sin embargo, los machos siempre presentaron una mayor longitud con respecto a la cola, lo cual es debido a la presencia de los hemipenes. La proporción sexual de la población fue distinta a 1:1 y se inclinó a favor de las hembras en lugar de aseverar una mayor presencia de parte de los machos.

A pesar de que lo anterior podría explicarse mediante la interpretación de las diferencias en la estructura de la población, en realidad, la explicación es la diferencia hallada dentro de los patrones de actividad.

Las hembras mostraron una conducta en la que procuran reponer su condición física y parir justo antes de las temporadas de lluvia, mientras que en las épocas donde las condiciones son más favorables, machos y hembras presentan mayor actividad, posiblemente para llevar a cabo encuentros reproductivos.

## INTRODUCCIÓN

La herpetofauna de México tiene un alto grado de endemismo y es de las más diversas del mundo, solo superada por Australia. A nivel mundial se han contabilizado 8,734 especies de reptiles, tan solo en México se pueden encontrar 864, es decir el 8.7% del total, de esas especies 417 son lagartijas, 393 serpientes, 48 tortugas, 3 anfisbénidos y 3 cocodrilos (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014). Históricamente muchas de las especies han sido sujetas a diversos usos, como alimento ya sea por la carne o los huevos, curtiduría local e industrial e incluso comercio como mascotas. Sirven como modelos para investigaciones embriológicas, fisiológicas y son componentes cruciales de las redes tróficas, siendo depredadores y presas, algunas cumplen también como polinizadoras o dispersoras de semillas. Es por su amplia importancia que las poblaciones de reptiles deben ser estudiadas y monitoreadas con frecuencia, no solo para la recuperación de especies en riesgo, sino para su conservación en general (Sánchez, Zamorano, Peters y Moya, 2011).

El concepto de población ecológica puede ser definido como “un conjunto de individuos de la misma especie capaces de reproducirse y producir una prole viable, en un espacio y tiempo determinado” (Chávez y Rocha, 2016, p.5) y su estudio resulta importante para conocer aspectos como la abundancia de cierta especie, conocer su historia de vida y etología, predecir cambios o fluctuaciones en el tamaño de la población y los factores que están relacionados a dichos cambios, algunos intrínsecos a la especie y otros extrínsecos, dependientes del medio en el que se encuentran. Los estudios poblacionales en general pueden ayudar a resolver problemas de manejo como el aprovechamiento sustentable y problemas de poblaciones con abundancia baja. Entre los atributos o características que pueden ser analizados en una población, existen dos tipos principales, los atributos dinámicos tales como la tasa de natalidad, índice de crecimiento, supervivencia, migraciones, patrones de actividad y tasa de mortalidad y el segundo tipo de atributos, los estructurales, en los cuales estará centrado el presente estudio. Este tipo de atributos se refiere a características como el número de individuos, biomasa total, proporción de edades y proporción sexual (Morlans, 2004).

Para conservar, aprovechar o controlar una población es necesario estimar y analizar estos parámetros, primero resulta indispensable determinar el tamaño de la población, definido como el número de individuos presentes en un área geográfica marcada de forma subjetiva,

normalmente las poblaciones pequeñas son más propensas a la extinción; esto debido a que los individuos tienen mayor dificultad en encontrar una pareja adecuada y son más propensos a la endogamia. Por otro lado, las poblaciones más grandes tienden a superar su capacidad de carga, por ende, surge un incremento de comportamiento competitivo por los recursos y existe el peligro de la degradación del ambiente.

Con respecto a la proporción de edades, esta es fundamental en conjunto con la proporción sexual para inferir las expectativas futuras de la población y su desarrollo evolutivo (Morlans, 2004). Se determinan cohortes para diferenciar las categorías y se puede estimar el potencial reproductivo, crecimiento actual y una proyección a futuro (Tarsi y Tuff, 2012).

De igual manera, es importante considerar la proporción sexual de una población, debido a que sin un número comparable de hembras y machos, las oportunidades de apareamiento se ven limitadas y el crecimiento de la población podría declinar (Balán-Dzul y Jesús-Navarrete, 2011).

Además, el conocimiento de este dato demográfico puede ayudar a predecir los sistemas de apareamiento, los cuales pueden variar entre una monogamia estricta u obligada o poliginia/poliandria, dependiendo también de la competencia reproductiva (Steinmann y Grenat, 2020).

Generalmente el sistema de apareamiento en serpientes, se considera que generalmente son poligínicas, lo que implica que durante la época reproductiva un macho copula con varias hembras y son pocos los machos que consiguen aparearse (debido generalmente a la monopolización en el acceso a las hembras); sin embargo, se han descrito algunos sistemas de apareamiento poliándrico. Un ejemplo de ello es el de la anaconda verde (*Eunectes murinus*) en que las hembras se aparean varias veces con distintos machos (Ramírez, 2013).

El conocimiento de la ecología de poblaciones de serpientes es en general limitado, Dorcas y Wilson (2009) atribuyen la falta de conocimiento a la naturaleza reservada de estos reptiles y la dificultad de hacer un seguimiento de los mismos para hacer un análisis correcto de los requerimientos de su hábitat y el estatus de la población. Se conocen alrededor de 3000 especies de serpientes a nivel mundial que habitan un amplio rango de ambientes y climas, sin mencionar la variedad de hábitos entre las familias. Los boidos por ejemplo son una familia de serpientes grandes, vivíparas y constrictoras, son terrestres aunque pueden buscar refugio en los árboles y

ser buenas nadadoras, en contraste, las serpientes pertenecientes a la familia Elapidae son venenosas, de tamaño variable y pueden ser tanto terrestres como marinas, son muy activas y su morfología es muy distinta a la de los boidos. Por otro lado, está la familia Colubridae, son generalmente diurnas, la mayoría son terrestres pero también las hay excavadoras, anfibias, acuáticas, arborícolas y planeadoras (Conabio, 2020).

Es por su amplia variedad y difícil detectabilidad que el estudio de las serpientes es difícil, sin embargo, hay serpientes que son organismos modelo para su estudio, como el caso de algunas del género *Thamnophis*, esto debido a que son generalmente inofensivas para los humanos y son abundantes en Norte y Centroamérica, además de que sus hábitos las hacen más accesibles. Existen estudios poblacionales de especies del género *Thamnophis* pertenecientes a América del Norte. En el eje Neovolcánico Transversal que es una de las zonas más importantes en términos de endemismo, existen numerosos estudios con *T. eques* y *T. melanogaster*; sin embargo, la información acerca de *T. scalaris* (Fig. 1) es mucho más escasa (Manjarrez y Venegas-Barrera, 2011).

Esta especie vivípara y ectoterma puede ser encontrada en sitios con climas templados y altas elevaciones (entre los 2,103 a 4,273 m) cerca de bosques de pino, próximos a las rocas y bajo troncos y pueden encontrarse en pastizales inducidos y cultivados (Manjarrez y Venegas-Barrera, 2011) como los presentes en el Parque Nacional La Malinche, son presa de *T. eques* y se alimentan de gusanos, ranas, salamandras, lagartijas y pequeños roedores; el tamaño de la camada suele ser de 8 a 15 neonatos (Manjarrez, García-Guadarrama y Venegas-Barrera, 2007).

Al paso de los años, las poblaciones de diversos tipos de vertebrados han ido en declive, inclusive hasta llegar a la extinción. Los reptiles no son ninguna excepción, y la disminución de sus poblaciones se puede atribuir mayormente a causas como contaminación, pérdida o cambio de hábitat, enfermedades, sobre explotación y cambio climático. Reading, Luiselli, Akani *et al.* (2010) realizaron un estudio en el que observaron una fuerte disminución en la abundancia de poblaciones de serpientes del Reino Unido, Francia, Italia, Nigeria y Australia, y sospechan que alrededor del mundo muchas más poblaciones pueden verse afectadas y ser pasadas de largo debido a la escasez de estudios poblacionales de serpientes.

Poblaciones de distintas especies y ecosistemas completos se han visto alterados ya sea por los cambios propios de la dinámica del ambiente o por intervenciones humanas, el Parque Nacional



La Malinche (Fig. 2), ha sufrido de distintas presiones que resultan en un acelerado deterioro de sus ecosistemas (Fernández y López-Domínguez, 2005), además la especie *T. scalaris* está considerada como amenazada por la NOM-059-ECOL-2010 esto debido a la ganadería, deforestación, el pastoreo y la quema (Ramírez y Arizmendi, 2004), por lo que es importante la recolección y análisis de los datos mencionados anteriormente para comprender el estatus en el que se encuentra la población de *T. scalaris* y los cambios que ha sufrido con el tiempo, así como mejorar la comprensión acerca de la especie. Esto a la vez, puede ayudar a mejorar los esfuerzos de su conservación dentro del PNLM.

## ANTECEDENTES

El género *Thamnophis* fue descrito en 1843 por Fitzinger, incluye a las serpientes tolerantes a bajas temperaturas de Norteamérica y posteriormente Cope en 1861 describió a la especie *Thamnophis scalaris*. En un estudio realizado por Rossman *et al.* (1966) se describen aspectos de identificación, distribución y una breve descripción de su historia de vida y ecología, así como aspectos de importancia taxonómica como el hecho de que el hemipene de la especie es único dentro del grupo Thamnophiini, ya que es anormalmente largo y delgado, con una longitud promedio de 27.5 escamas subcaudales.

Ramírez y Arizmendi en el 2004 realizaron un estudio y descripción de la especie para fichas técnicas donde detallan información taxonómica, ubicación de colecciones de la especie, descripción morfológica, el macroclima donde puede presentarse así como tipo de vegetación de su hábitat e historia de vida.

En el 2007, Manjarrez *et al.* reportaron información de la especie de índole ecológica como su abundancia estacional, distribución sexual, tamaño corporal, reproducción y hábitos alimenticios de una población del Estado de México, señalando que el pico de actividad suele ser en primavera-verano temprano y otoño, además encontraron una proporción sexual distinta a 1:1 con inclinación hacia las hembras, estableciendo que el dimorfismo sexual de la especie solamente es aparente en el tamaño de la cola de los adultos, con respecto a la dieta, informaron que primordialmente se alimentan de gusanos y vertebrados como lagartijas.

Por su parte, Queiroz, Lawson y Lemos-Espinal en 2002 hicieron un análisis genético para averiguar las relaciones filogenéticas entre 29 de las 31 especies reconocidas dentro del género *Thamnophis*.

El estudio más reciente corresponde a Domínguez-Vega *et al.* del 2017, en el cual buscan explicar los hábitos de hibernación de la especie, así como las características de los refugios para mantener una óptima termorregulación durante las temporadas frías.

Son pocos los estudios enfocados en *T. scalaris*, y todos los autores afirman que hay una gran fragmentación en la información acerca de la especie, además los cambios a los que ha sido sometido el ambiente durante las últimas décadas es un incentivo más para indagar acerca de los atributos poblacionales de la especie, pudiendo ayudar a una mejor comprensión y conservación de la misma.

## OBJETIVOS

### **Objetivo General**

Definir los atributos estructurales de *Thamnophis scalaris* en el Parque Nacional La Malinche.

### **Objetivos particulares**

- Registrar el número de individuos
- Estimar la biomasa promedio en adultos hembras y machos
- Registrar la talla mínima y máxima de los organismos
- Determinar la proporción sexual de la población
- Estudiar los patrones de dimorfismo sexual
- Reportar los patrones de actividad a lo largo del estudio

## CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

El género *Thamnophis* pertenece a las serpientes tolerantes a bajas temperaturas, *T. scalaris* puede ser encontrada en un rango que va desde Veracruz, cruzando el eje Neovolcánico transversal hasta el Estado de Morelos, donde se asocia mejor a ambientes como bosques de pino-encino y pino. Pertenece a climas templados: C (w') (w) b(i)g y se sitúa en altas elevaciones (de 2103 a 4273m). (Domínguez-Vega, Gómez-Ortíz, Manjarrez *et al.*, 2017), los picos de actividad para algunas poblaciones pueden darse en primavera-verano temprano y otoño (Manjarrez y Venegas-Barrera, 2011).

Manjarrez, García-Guadarrama y Venegas-Barrera en 2007, encontraron una proporción sexual de *T. scalaris* inclinada a favor de las hembras (1:2) y toman en cuenta como organismos adultos aquellos mayores a los 34.5 cm LHC según el registro de tamaño mínimo de una hembra grávida de la especie, sin embargo, los machos alcanzan su madurez sexual con un tamaño menor al de las hembras, el género *Thamnophis* alcanza su madurez sexual a los 2-4 años de edad.

Para la identificación de la especie *Thamnophis scalaris* se deben considerar aspectos como que las escalas dorsales usualmente se encuentran 17 filas (máximo 19), las supralabiales suelen ser 7, los dientes maxilares son de 15-19, su dorso es marrón con una o dos filas de manchas café oscuro con bordes negros entre las rayas y su lengua es negra (Fig. 1).

Es una serpiente de tamaño moderado para las serpientes listonadas, alcanza un máximo de LHC de 60.1 cm, el vientre es normalmente grisáceo marrón, la barbilla y garganta son blancas,

color crema o amarillas formando un fuerte contraste con el color del vientre y su cabeza constituye un 5.5% de la LHC, lo cual es extraño para las serpientes listonadas (Rossman, Ford y Siegel, 1966).

Con respecto a su estado de conservación se su hábitat, la CONABIO (2000) determinó que en los estados de Veracruz y Puebla, el problema de mayor importancia es el incremento de la actividad agrícola, deforestación, pastoreo y la quema, además del cultivo de árboles frutales y turismo excesivo. A pesar de ello, se considera que tiene potencial de recuperación.

Poco está documentado sobre la reproducción de *T. scalaris*, sin embargo, Manjarrez *et al.* en 2007 reportan que el tamaño de la hembra grávida más pequeña es de 34.5 cm LHC, llegando a la madurez sexual entre los 2-4 años de edad. El promedio de individuos por camada es de 7 y estiman que las hembras son en promedio 13% más grandes que los machos. Dichos autores también señalan que podrían existir diferencias sexuales en actividad, preferencias de microhábitat, forrajeo y comportamiento termoregulador en *T. scalaris*, sin embargo, dichas posibilidades no han sido estudiadas.



Fig. 1. Ejemplar de *Thamnophis scalaris*.

## ÁREA DE ESTUDIO

El parque nacional La Malinche está ubicado entre los estados de Tlaxcala y Puebla, entre los 19° 06' 30" - 19° 20' 19" Latitud Norte y los 97° 55' 32" - 98° 09' 55" de Longitud Oeste, cuenta con una extensión de 46,112 ha y una amplia diversidad faunística. Entre su vegetación más representativa incluye bosques de alta montaña, de encino, oyamel, pastizales y vegetación inducida. El volcán La Malinche tiene 4,462 m de altitud y forma parte de las cuencas del río Atoyac y Guadalupe (Semarnat, 2016).

Entre los 2,000 y 2,500 msnm se tiene un clima templado semiárido con lluvias en verano y menos de 51 mm de precipitación en invierno, la precipitación anual media es de entre 600 y 800 mm con una temperatura anual media de 14-16°C. Los vientos dominantes son del sureste durante el otoño e invierno y del noreste en primavera y verano con una vegetación dominante de pastizales inducidos (Fernández y López-Domínguez, 2005).

De los 2,500 a 3,000 msnm predomina el clima templado subhúmedo, la temperatura anual media va de los 10-16°C, siendo los meses de marzo y julio los más calurosos; la precipitación media anual oscila entre los 700 y 1000 mm y los meses más lluviosos son de mayo a octubre, con un rango de frecuencia de heladas de los 40 a 60 días, sobre todo en invierno. Los vientos dominantes son del noreste y noroeste en primavera y verano y del sureste en el otoño e invierno, la vegetación dominante de pino-encino (Fernández y López-Domínguez, 2005).

Entre los 3,000 y 3,500 msnm, predomina un clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura anual media de 6-8°C y una precipitación anual media de 800 y 1000 mm, con 100-120 días de heladas moderadas y fuertes, sobretodo en invierno. En esta zona predomina el bosque de pino-oyamel (Fernández y López-Domínguez, 2005).

De los 3,500-4,000 msnm predomina un clima frío-semihúmedo con temperaturas de los 4-6°C, excepto en invierno donde se presentan bajo cero y con presencia de nieve, la precipitación anual media se presenta de los 1000-1200 mm, los vientos dominantes provienen del noreste y a veces del suroeste; la vegetación se conforma por bosques de *Pinus hartwegii* (Fernández y López-Domínguez, 2005).



Fig. 2. Parque Nacional de La Malinche situado entre Tlaxcala y Puebla.

## METODOLOGÍA

### **Métodos de campo**

Desde el mes de mayo de 2015 al mes de julio de 2019 se realizaron 12 visitas mensuales al sitio de estudio, cada una con una duración de cuatro días recorriendo los pastizales adyacentes a la estación científica de La Malinche hasta el límite con el bosque, los recorridos fueron desde las 8:00-19:00 hrs. Una vez capturados, fueron trasladados al laboratorio de ecología localizado en el edificio L4 de la FES Iztacala para asignarles un número único mediante el marcaje de escamas subcaudales siguiendo el método propuesto por Blanchard y Finister (1933) para evitar un mayor estrés de parte de los especímenes.

Posterior al marcaje, se determinó el sexo de los individuos mediante el método de eversión de los hemipenes en individuos jóvenes; este método consiste en ejercer presión debajo de la cloaca y frotar suavemente con el pulgar hasta mostrar los hemipenes y debido a la poca resistencia muscular de los juveniles, es un método sencillo. Para ejemplares más maduros se realizó la técnica de sexado por sonda, la cual se basa en insertar una sonda o estilete de acero con punta roma con lubricante por la cloaca; cuando se trata de un organismo macho la sonda podrá introducirse sin resistencia por una mayor profundidad (normalmente 9-15 escamas) mientras que si se trata de una hembra, la sonda no pasará de 1 a 3 escamas.

Además, se tomaron las medidas estándar de los organismos, longitud hocico-cloaca, longitud de la cola, longitud total (cm, +-1 mm) y masa (g); las medidas referentes a la talla se obtuvieron mediante fotografías y el uso del programa serpwidget, esto debido a que la medición manual podría producir una gran variación por el movimiento de los organismos. Respecto a la masa se obtuvo mediante el uso de una balanza granataria con precisión de 0.01 g. Todas las medidas fueron almacenadas en una base de datos para su posterior análisis.

Una hembra preñada se mantuvo en cautiverio hasta el momento del alumbramiento. De dicho suceso se registró el nacimiento de 4 neonatos, con un tamaño promedio de 15.14 cm (LHC).

### **Métodos analíticos**

Tomando como referencia el registro de la hembra grávida más pequeña reportada por Manjarrez *et al.* (2007), se contabilizaron los organismos hembras y machos que cumplieran con la condición de tener una LHC mayor a 34.5cm; esto para asegurar que se tratara de organismos adultos. Posteriormente al hacer la comparación para la proporción sexual, el resultado fue sometido a una prueba de Ji cuadrada con corrección de Yates, mediante la cual se puede comprobar si la relación corresponde a una igualdad estadísticamente significativa o no:

$$x_c^2 = \frac{(|f_1 - f_2| - 1)^2}{n}$$

Donde:

$f_1$ =hembras

$f_2$ =machos

$n = \text{todos}$

Además de eso, se enlistaron el número de organismos capturados por mes y año (Gráfica 5), además de la hora de captura, estos datos fueron analizados por separado (hembras y machos) y en conjunto para observar los patrones de actividad por hora diaria y mes (Gráficas 2, 3 y 4) realizando antes una prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para confirmar que los datos obtenidos correspondían a una distribución normal:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Donde:

$x_{(i)}$  = el número que ocupa la *i-ésima* posición en la muestra (con la muestra ordenada de menor a mayor)

$\bar{x}$  = media muestral

las variables  $a_i$  se calculan:

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{(m^T V^{-1} V^{-1} m)^{1/2}}$$

Donde:

$$m = (m_1, \dots, m_n)^T$$

siendo  $m_1, \dots, m_n$  los valores medios del estadístico ordenado, de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, muestreadas de distribuciones normales y  $V$  denota la matriz de covarianzas de ese estadístico de orden.

Para determinar si había alguna diferencia significativa entre las medias de las tallas y patrones de actividad entre hembras y machos adultos, se realizaron pruebas de  $t$ .

$$t = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}{\sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right) \left(\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\right)}}$$

Donde:



$n_1$  = no. De elementos de la muestra 1

$n_2$  = no. De elementos de la muestra 2

$\bar{x}_1$  = promedio de los valores de la muestra 1

$\bar{x}_2$  = promedio de los valores de la muestra 2

$s_1^2$  = la varianza de los valores de la muestra 1

$s_2^2$  = la varianza de los valores de la muestra 2

## RESULTADOS

### **Número de individuos**

#### **Abundancia**

A lo largo de los muestreos llevados a cabo desde mayo de 2015 a Julio de 2019 se capturaron 149 organismos de los cuales 126 pudieron ser sexados y medidos correctamente, 58 correspondieron a machos, 68 hembras, 19 indeterminados y 4 neonatos.

Se realizó una prueba de Shapiro-Wilk mediante el programa SciStatCalc, en machos y hembras dando como resultado una distribución normal en ambos ( $p > \alpha = 0.05$ ).

#### **Biomasa, talla, proporción sexual y dimorfismo sexual**

La biomasa promedio en machos adultos fue de  $35.56 \pm 2.24$  gramos ( $R=56$ ) y en hembras fue de  $53.85 \pm 2.52$  gramos ( $R=88.3$ ) y tras una prueba de t se obtuvo el resultado  $t(32,50)=1.99; p < 0.05$ .

Se consideraron como adultos únicamente los organismos con una LHC mayor a 34.5cm encontrando que la talla promedio en hembras adultas es de  $45.59 \pm 0.77$ cm, con una talla mínima de 35.9 cm y máxima de 60.81cm; en machos la talla promedio de adultos es de  $40.18 \pm 0.89$ cm, la talla mínima de 34.5cm y la máxima registrada de 55.53cm. Posterior a la prueba de T de student para comparar las medias de tallas de hembras y machos se pudo comprobar que existen diferencias estadísticamente significativas ( $t(39,61)=1.99; p < 0.05$ ).

En las medidas de la cabeza (Fig. 4), los machos tuvieron un promedio de  $1.12 \pm 0.63$  cm ( $R=0.54$ ) de ancho y  $2.01 \pm 1.60$  cm ( $R=1.48$ ) de largo, mientras que las medidas de las hembras fueron de  $1.13 \pm 0.83$  cm ( $R=0.68$ ) de ancho y  $2.06 \pm 1.37$  cm ( $R= 1.14$ ) de largo, por lo que no se muestra una diferencia lo suficientemente relevante para establecer un dimorfismo sexual relacionado a las medidas de la cabeza.

De los adultos de la población 39 correspondieron a machos y 61 fueron hembras, tras una prueba de Ji cuadrada con corrección de Yates se obtuvo una proporción sexual H:M de 1.56:1, ( $p < 0.05$ ) comprobando que existe una diferencia significativa y la población tiene más inclinación hacia las hembras.

Respecto al dimorfismo sexual, generalmente las hembras son más grandes (LHC) y portan mayor masa que los machos, además de que en los machos el estrechamiento de la cola es más notorio.

Como parte del dimorfismo sexual, longitud de la cola en los machos suele ser mayor que en las hembras, con un promedio de  $14.85 \pm 0.53$  cm ( $R=12.5$ ), mientras que en hembras es de  $11.71 \pm 0.27$  cm ( $R=9.5$ ) (ejemplo en la Fig. 3).



Fig. 3. Ejemplares adultos de *Thamnophis scalaris* donde se puede apreciar que el macho (izquierda) a pesar de tener una menor LHC que la hembra (55.53cm macho, 58.07cm hembra)

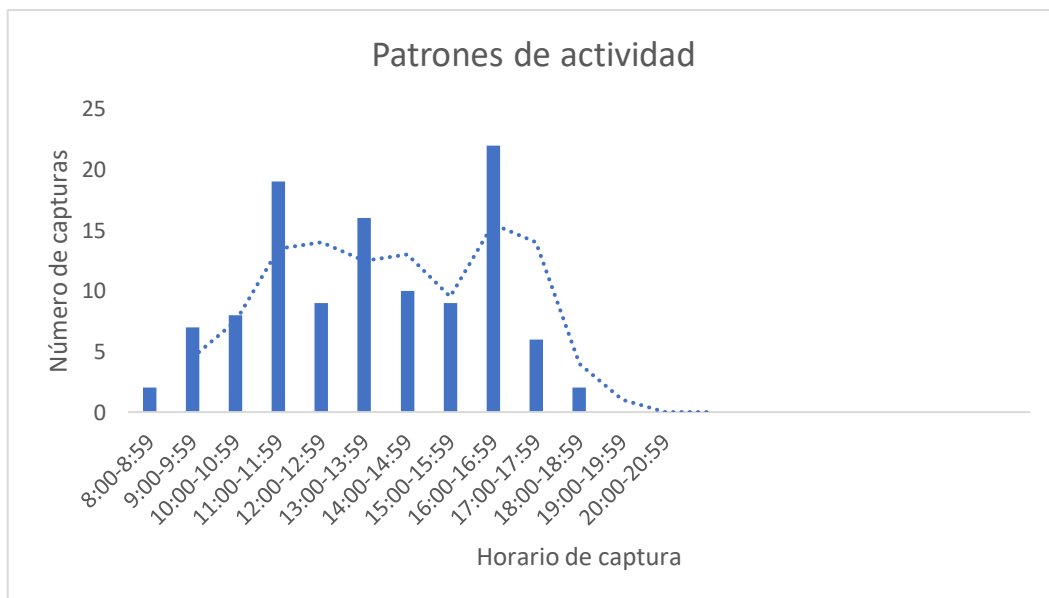
no solo posee una cola más larga, sino que además se puede ver como en el macho el estrechamiento de la cola es más abrupto que en la hembra.



Fig. 4. Izquierda hembra adulta de 56cm LHC, derecha macho adulto de 53cm. El tamaño del ancho y largo de la cabeza en ambos especímenes no difiere de forma considerable.

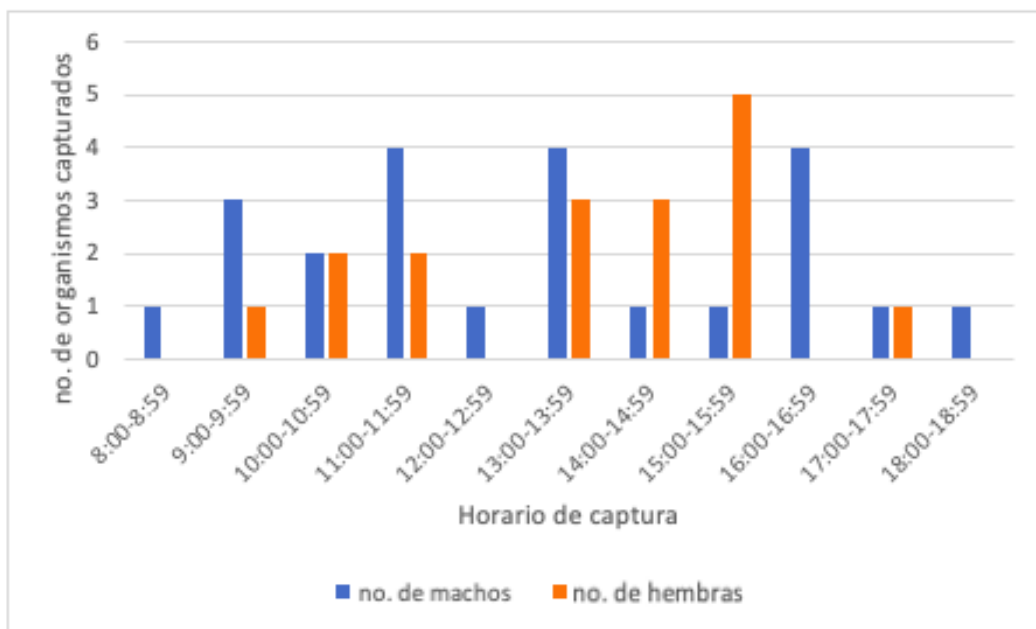
### Patrones de actividad

Respecto a la hora de actividad de este organismo (Gráfica 1), esta se registró desde las 16:00-16:59 hrs. con un registro de 22 capturas totales, el horario con menor número de registros fue de 8:00-8:59 y 18:00-18:59 con solo dos registros para ambos horarios.

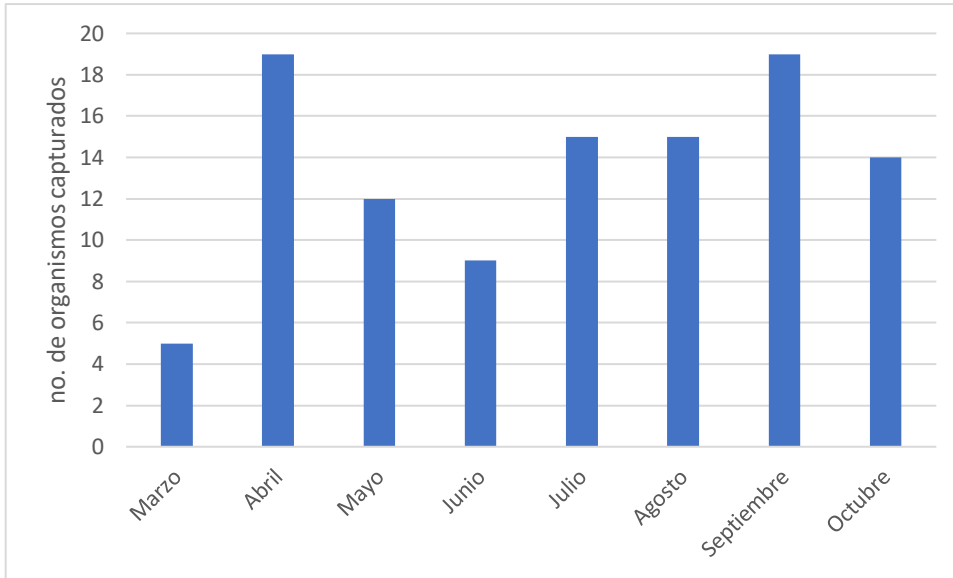


Gráfica 1. No. de organismos machos y hembras capturados por horario a lo largo del estudio. Las barras representan el número de organismos capturados en diferentes horarios, la línea punteada muestra la tendencia.

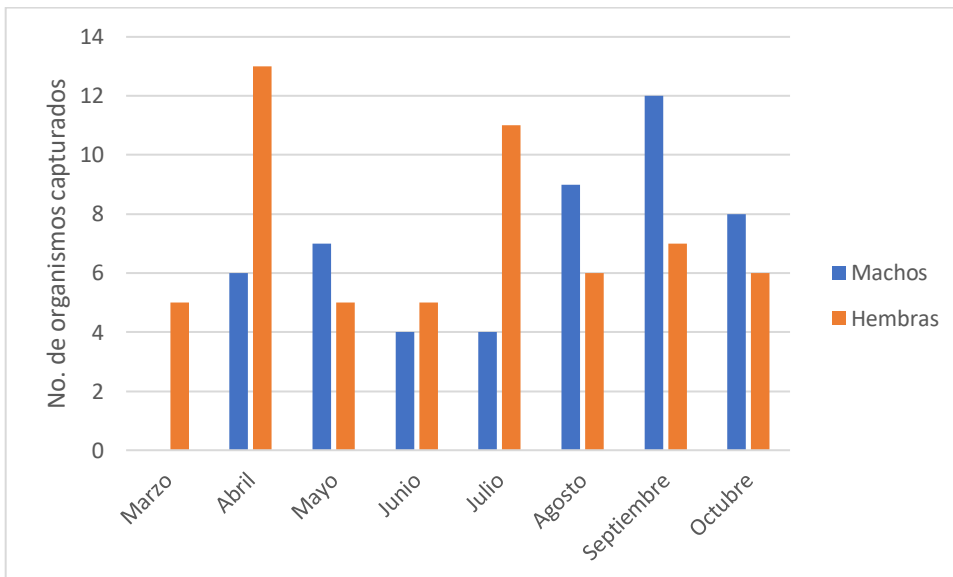
Los machos mostraron ser más activos a lo largo del día, sobre todo entre los horarios abarcando las 11:00, 13:00 y 16:00 hrs (Gráfica 2), mientras que hubo horarios con ausencia de actividad por parte de las hembras, sin embargo, estas se mantuvieron altamente activas a las 13:00, 14:00 y sobre todo a las 15:00 hrs.



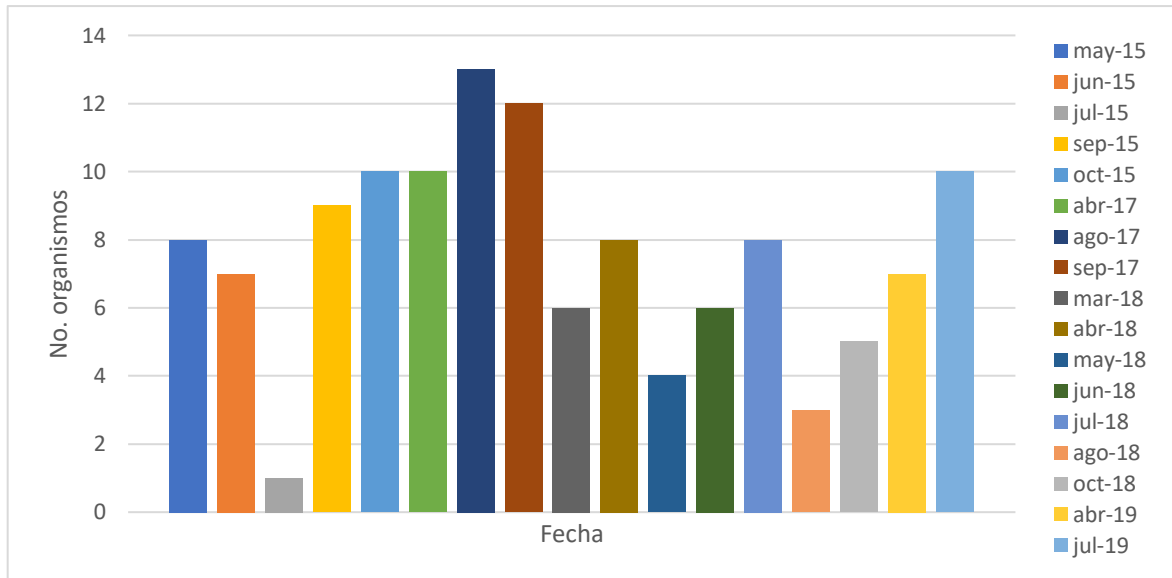
Gráfica 2. No. de organismos machos (barras azules) y hembras (barras naranjas) capturados por horario a lo largo del estudio.



Gráfica 3. No. de organismos hembras y machos representados con barras capturados por mes a lo largo del estudio.



Gráfica 4. No. de organismos machos y hembras capturados por mes a lo largo del estudio.



Gráfica 5. No. De organismos representados por barras de colores dependiendo del mes y año de captura a lo largo del estudio.

Los meses con mayor actividad por parte de ambos sexos fue durante agosto, septiembre y octubre; al realizar una prueba de T de student ( $p > 0.05$ ) no se encontraron diferencias significativas entre hembras y machos, sin embargo se considera que eso puede ser por el tamaño de la muestra, el mayor pico de actividad en machos se produjo en septiembre, manteniéndose muy activos en agosto y octubre; mientras que el mayor pico de actividad se produjo por parte de las hembras en el mes de abril con alta actividad también en el mes de julio. En marzo no hubo captura de machos y los meses de menor actividad para las hembras fueron marzo, mayo y junio. En general las hembras presentaron mayor constancia con respecto a su actividad anual, además de presentar el pico de actividad más alto en abril mes en el cual se alcanza la temperatura máxima de 31°C y la precipitación es moderada (18mm).

## DISCUSIÓN

Manjarrez, Venegas-Barrera y Guadarrama (2007) analizaron la abundancia estacional de *T. scalaris* en Toluca, registrando que entre agosto y noviembre (1998-1999) se capturó al 51% del total de serpientes a lo largo del estudio, con otro pico de actividad del 38% entre abril y julio, mientras que la menor actividad registrada fue entre diciembre y marzo con el 11% del

total de las serpientes. Durante el presente trabajo, el mayor pico de actividad se presentó en abril, con uno menor en septiembre y actividad moderadamente alta durante agosto y octubre lo cual concuerda parcialmente con los resultados obtenidos por Manjarrez, Venegas-Barrera y Guadarrama en 2007.

Según Domínguez-Vega *et al.* (2017), el periodo de hibernación en especies del género *Thamnophis* del territorio norte abarca desde noviembre a marzo, lo cual podría explicar que durante el mes de marzo los registros de actividad fueron los más bajos; sin embargo, existen otros factores de influencia para la disminución de actividad como la desecación temporal o permanente de cuerpos de agua, pastoreo, deforestación y actividad humana; lo cual concuerda con lo reportado por Fernández y López-Domínguez en 2005, quienes aseguran que el PNLM ha sido sometido a cambios relacionados con los factores mencionados anteriormente; por su parte Ruiz-Soberanes y Gómez-Álvarez en el 2010 notaron una reducción considerable en la presencia de mamíferos de la zona, atribuyéndolo a la reducción de hábitat como resultado de la tala indiscriminada reportada por los guardabosques y lugareños aledaños.

Según la descripción del PNLM de López-Domínguez y Acosta (2004), la temporada de mayor precipitación inicia en junio y dura hasta septiembre, lo cual podría ser un indicativo del incremento de actividad durante dichos meses por parte de los organismos, sin embargo; quienes cumplen mayormente con este comportamiento son los machos, quienes a partir de agosto se vuelven notablemente más activos que las hembras.

La temporada de frío también coincide con la poca actividad durante el mes de marzo, mes en el cual se han reportado hasta 25 días de sequía, posteriormente de abril a mayo ocurre la temperatura máxima promedio, esto podría facilitar las actividades de forrajeo y búsqueda de encuentros reproductivos, lo cual explicaría el incremento de actividad; además podría verse ligado al disparo notable de actividad en las hembras *T. scalaris*, ya que no solo encuentran óptimas las condiciones para buscar encuentros reproductivos sino que también puede facilitar que eleven su temperatura corporal exponiéndose a fuentes de calor para retener a los embriones más tiempo. Estos factores considerados óptimos para la especie son parte de un proceso jerárquico conocido como selección de hábitat, mediante el cual el organismo toma una serie de decisiones innatas y aprendidas a diferentes escalas para seleccionar el sitio con los mejores recursos (Corbalán, 2004).

Sandoval, Ruiz y Álvarez (2013) documentaron que en colubridos (entre ellos *T. sirtalis*) existe la retención embrionaria intrauterina para que al momento de la puesta, los embriones se encuentren en un estado más avanzado de desarrollo, Sandoval y colaboradores consideran a esta una respuesta adaptativa a condiciones climáticas adversas como bajas temperaturas, sequías o ausencia de sitios aptos para la ovoposición.

Durante los meses de junio y julio la actividad vuelve a disminuir para ambos sexos.

Ferliche *et al.* (2016) estudiaron las tácticas reproductivas de *T. scaliger* durante 2008 y 2009. Entre sus observaciones describen que las hembras estudiadas tuvieron a sus crías durante las épocas de alta disponibilidad de presas tales como las lombrices de tierra, los neonatos nacidos durante las lluvias tempranas de verano tenían mejores posibilidades de desarrollarse y sobrevivir, mientras que las hembras que tenían a sus crías más tarde tenían una mejor condición post-parto que les permitiría involucrarse en nuevos eventos reproductivos. La importancia de las condiciones ambientales durante los eventos de reproducción ya sea la concepción o la puesta juegan un papel vital en el desarrollo y supervivencia de los organismos, los hallazgos señalan que existe un *trade-off* o “compensación” entre la condición materna post-parto y el rendimiento reproductivo actual, es decir la condición de los neonatos.

Es por ello que las hembras son capaces de retrasar su primer encuentro reproductivo para incrementar su tamaño corporal y asegurar una mejor adecuación, además de que la presencia de ciclos bienales en la reproducción es esencial para recuperar sus reservas energéticas, aunado a ello, Ferliche *et al.* señalan que la primavera y verano suelen ser las épocas para concebir de las serpientes de climas fríos, mientras que de octubre a mayo las lombrices de tierra están más ausentes. Recordemos que las lombrices de tierra representan un alimento de baja energía, por lo que la reproducción es menos frecuente y las hembras de *T. scaliger* se ven obligadas a no desperdiciar oportunidades de alimentarse durante su embarazo.

Lo anteriormente mencionado podría explicar el hecho de que las hembras de *T. scalaris* se hacen más presentes en los meses que preceden de forma casi inmediata a la temporada de alta precipitación (abril y julio), pudiendo ser que salieran para realizar sus encuentros reproductivos o parir y facilitar la supervivencia de los neonatos; y de esta forma dedicarse al forrajeo durante los meses lluviosos en los cuales las lombrices de tierra estarían mucho más presentes. De agosto a octubre, los machos se vuelven más activos y las hembras mantienen



niveles de actividad relativamente altos, aunque no tanto como en abril y julio donde además los machos disminuyen de manera considerable su actividad, esto podría indicar que abril y julio son los meses donde las hembras se disponen a parir para que sus crías tengan un mayor éxito de supervivencia mientras que reponen sus reservas y de agosto a octubre buscan más oportunidades de apareamiento.

Manjarrez, Venegas-Barrera y Guadarrama (2007), también aseguran que la proporción sexual de la población estudiada fue significativamente distinta a 1:1, indicando que la proporción de hembras es mayor que la de los machos. Debido a que en serpientes la proporción esperada al nacer es de 1:1, una proporción distinta podría indicar un riesgo de mortandad específico del sexo en juveniles o adultos, dando mayores pistas acerca de la dinámica de la población y posible riesgo de extinción. Normalmente cuando la proporción sexual en serpientes no es 1:1, suele inclinarse más al exceso de machos. La explicación a este fenómeno o inclinación es que además de los factores comunes que influyen en la gestión de energía de las serpientes tales como el clima y disponibilidad de alimento, también existen factores exclusivos de las hembras que implican un mayor costo de supervivencia; en cada evento reproductivo las hembras deben elegir entre asignar la energía disponible a su estado físico o asignarla a su rendimiento reproductivo; sin mencionar que durante el apareamiento y la época de gravidez se genera un aumento en el riesgo de depredación (Feriche, Reguera, Santos *et al.*, 2016).

No obstante, no se sabe con certeza si dicha diferencia en la proporción sexual refleja la estructura de la población; es decir que la población está conformada por más hembras o tiene que ver con los cambios en los patrones de actividad encontrados, debido a que de ser así la diferencia encontrada sencillamente representaría el hecho de que las hembras son más activas a lo largo del año y los machos limitan su actividad por lo que los avistamientos resultan menores.

Murillo (2009) señala en un estudio con *Crotalus ruber* que las diferencias observadas en los patrones de actividad entre hembras y machos se deben a que hay una disparidad en la manera en que se utilizan los recursos respecto al sexo de la especie y la temporada. Esto se puede ver ejemplificado en su estudio, donde las hembras de *c. ruber* son más activas después de parir debido al gasto energético y se concentran en la búsqueda de recursos, mientras que en época reproductiva (invierno y época de sequía) son más sedentarias que los machos, quienes invierten su energía en la búsqueda de las hembras para poder reproducirse.

Con respecto al dimorfismo sexual y citando nuevamente a Manjarrez, Venegas-Barrera y Guadarrama (2007), sus hallazgos muestran que las diferencias solo son notables con respecto al tamaño de la cola, afirmando que los machos tienen una mayor longitud que las hembras; sin embargo, cuestionan dichos resultados debido a un tamaño inadecuado de muestras. Después de realizar las mediciones y análisis pertinentes a los organismos, se encontraron diferencias significativas inclinadas a favor de las hembras tanto en LHC como biomasa, en hembras la LHC y biomasa promedio fueron de 45.59cm y 53.85g respectivamente mientras que en machos el promedio fue de 40.18cm y 35.56g. Esto concuerda con lo reportado por Feriche, Reguera, Santos *et al.* en 2011, quienes afirman que en la especie *T. scaliger* también existe una superioridad de parte de las hembras en LHC y masa, mientras que los machos las superan en longitud absoluta y relativa de la cola, así como en el número de escamas subcaudales, naturalmente (aunque este último señalamiento es común en serpientes).

La longitud promedio de la cola en machos fue de 14.85cm, mientras que el promedio en hembras fue de 11.71cm, esta diferencia puede ser notoria incluso al comparar una hembra con LHC mayor a la del macho y se debe al espacio requerido para almacenar los hemipenes, los cuales para esta especie son los más largos del género *Thamnophis*.

Encontrar señales de dimorfismo sexual en la cabeza de *T. scalaris* sería un indicativo de dietas distintas entre hembras y machos, ya que reflejaría una estructura hecha para manipular a sus presas de forma distinta; sin embargo, en nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas en el ancho ni en el largo de la cabeza, incluso en organismos con LHC similar; Feriche, Reguera, Santos *et al.* en 2011 encontraron resultados similares para *T. scaliger*, confirmando que ambos sexos llevan a cabo la misma dieta basada en gusanos de tierra.

Giraudio, Arzamendia, Bellini *et al.* En 2014 reiteran durante su estudio sobre la ecología de *Hydrodynastes gigas*, que las hembras en serpientes suelen tener un mayor tamaño corporal que los machos, no solo en biomasa sino LHC; sin embargo, en dicha especie sí se presenta un dimorfismo sexual en las cabezas.

## CONCLUSIONES

Se encontró que existe dimorfismo sexual en la talla, masa y longitud de la cola. Sin embargo, no hay dimorfismo sexual asociado al tamaño de la cabeza, por lo que podemos afirmar que tanto hembras como machos llevan a cabo la misma dieta basada en gusanos de tierra.

La proporción sexual se encuentra sesgada hacia las hembras, pero dicha observación podría ser un artefacto de las diferencias en los patrones de actividad o la captura.

Se sugiere que la proporción sexual 1.56:1 inclinada hacia las hembras; si bien, podría reflejar una diferencia en la estructura, en realidad puede ser explicada por la diferencia en los patrones de actividad, ya que las hembras necesitan ser más activas justo antes de las temporadas de lluvia, en abril posiblemente para parir y dejar que sus crías aprovechen la alta disponibilidad de alimento así como para reponer su condición física, y en julio donde la actividad tanto de hembras como de machos aumenta lo cual podría indicar que esa corresponde a la época de apareamiento por las condiciones favorables tanto en clima como disponibilidad de alimento.

Sin embargo, se sugieren futuras investigaciones acerca de la estructura en poblaciones de *T. scalaris* ya que la diferencia encontrada podría tener que ver con un tamaño de muestra insuficiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R. y López-Dominguez, J. (2004). *Descripción del Parque Nacional La Malinche*. México. Universidad Nacional Autónoma de Chihuahua.
- Balán-Dzul, V. y Jesús-Navarrete, A. (2011). Densidad, abundancia y estructura poblacional del caracol blanco *Strombus costatus* en el Caribe Mexicano. *Revista de biología marina y oceanografía*. 46 (1): 1-8 pp.
- Blanchard, F. y Finister, E. (1933). A Method of Marking Living Snakes for Future Recognition, with a Discussion of Some Problems and Results. *Ecology*. 14 (4):334-347.
- Chávez-López, R. y Rocha-Ramírez, A. (2016). *Poblaciones ecológicas: Métodos de estudio*. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. \*

- Conabio. (2020). Reptiles, serpientes. Recuperado el 27 de abril del 2020 de [https://www.conabio.gob.mx/especies/gran\\_familia/animales/reptiles/menuSerpientes.html](https://www.conabio.gob.mx/especies/gran_familia/animales/reptiles/menuSerpientes.html)
- Corbalán, V. (2004). Uso de hábitat y ecología poblacional de pequeños mamíferos del desierto del Monte Central, Mendoza, Argentina. [Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias Naturales] Facultad de Ciencias Naturales y Museo.
- Domínguez-Vega, H., Gómez-Ortíz, Y., Manjarrez, J., Mundo-Hernández, V., Rubio-Blanco, T., Soria-Díaz, L. (2017). Hibernation refuge of *Thamnophis scalaris* Cope, 1861, in Central Mexico. *Herpetozoa*. 29: 198-200.
- Dorcas, M. E. y Wilson, J. D. (2009). *Snakes: ecology and conservation*. (2ª ed.) Estados Unidos de América: Cornell University Press.
- Feriche, M., Reguera, S., Santos, X., Mociño, E., Setser, K. y Pleguezuelos, J. (2016). Female reproduction in *Thamnophis scaliger*: The Significance of Parturition Timing. *Journal of Herpetology*. 50(2): 209-215.
- Feriche, M., Reguera, S., Santos, X., Mociño, E., Setser, K. y Pleguezuelos, J. (2011). Biometry and pholidosis of *Thamnophis scaliger*: an atypical example of sexual dimorphism in a natricine snake. *Basic and Applied Herpetology*. 25: 105-113.
- Fernández, J. A. y López-Domínguez J. C. (2005). *Biodiversidad del Parque Nacional La Malinche*. México. Universidad Nacional Autónoma de Chihuahua.
- Flores-Villela, O. y García-Vázquez, U. (2014). Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 467-475.
- Manjarrez, J., García-Guadarrama T. y Venegas-Barrera C. S. (2007). Ecology of the mexican alpine blotched garter snake. *The Southwestern Naturalist*. 52(2): 258-262.
- Manjarrez J. y Venegas-Barrera. C. S. y (2011). Patrones espaciales de la riqueza específica de las culebras *Thamnophis* en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:179-191.
- Morlans, M. C. (2004). *Introducción a la ecología de poblaciones*. Catamarca Argentina: Editorial Científica Universitaria.
- Murillo, R. (2009). Uso de hábitat de la víbora de cascabel (*Crotalus ruber*) en un matorral xerófilo de La Paz, Baja California Sur, México. [Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

- Ramírez, A. y Arizmendi, M. C. (2004). Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Recuperado el 26 de febrero de 2020 de [http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/W013\\_Fichas%20de%20Especies.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/W013_Fichas%20de%20Especies.pdf)
- Ramírez, P. (2013). Programa nacional para la conservación de serpientes en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Recuperado el 22 de abril de 2022 de <https://1library.co/document/q0408d3z-programa-nacional-conservación-serpientes-colombia.html>
- Reading, C. J., Luiselli, L. M., Akani, G. C., Bonnet, X., Amori, G., Ballouard, J. M., Fillipi, E., Naulleau, G., Pearson, D. y Rugiero, L. (2010). Are snake populations in widespread decline? *Biology Letters*. 6: 777-780.
- Rossman, D., Ford, N. y Seigel, R. (1966). *The Garter Snakes, Evolution and Ecology*. Londres, Prensa de la Universidad de Oklahoma.
- Ruiz-Soberanes, J.A., Gómez-Álvarez, G. (2010). Estudio mastofaunístico del Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala, México. *Therya*. 1(2): 97-110.
- Sánchez, O., Zamorano, P., Peters, E. y Moya, H. (Eds.). (2011). *Temas de conservación de vertebrados silvestres en México*. Ciudad de México, México: Semarnat.
- Sandoval, M. T., Ruiz, J. A., Álvarez, B. B. (2013). Desarrollo embrionario y retención intrauterina en colúbridos del nordeste de Argentina. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*. 1(24):1-7
- Semarnat. (2016). Parque Nacional La Malinche o Matlalcuéyatl. Recuperado el 3 de febrero de 2020 de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/parque-nacional-la-malinche-o-matlalcueyatl>
- Steinmann, R. y Grenat, P. (2020). *Comportamiento animal reproductivo, un enfoque evolutivo*. UniRío editora. <http://www.unirioeditora.com.ar/wp-content/uploads/2020/06/978-987-688-387-0.pdf>
- Tarsi, K. y Tuff, T. (2012). Introduction to population demographics. *Nature Education Knowledge* 3(11):3