Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Ciencias

Aspectos poblacionales del lagarto cornudo, *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae), en el Parque Estatal Sierra Morelos

T E S I S

Que para obtener el título de:

B I Ó L O G O

Presenta:

Edgar Oviedo Hernández

Asesor: Dr. Oswaldo Hernández Gallegos

Coasesora: Dra. Gisela Granados González

Toluca de Lerdo, México **mayo, 2021.**

Índice de figuras

Figura 1. Hembra de *Phrynosoma orbiculare* del Parque Estatal Sierra Morelos. Fotografía de Edgar Oviedo Hernández, 2020.

Figura 2**.** Temperatura ambiental promedio (°C), representada por la línea roja, y precipitación acumulada (mm), representada por las barras azules, en el Parque Estatal Sierra Morelos, Estado de México. Los datos corresponden al periodo de estudio 2016-2019 (CONAGUA, 2020). Donde: azul: invierno, verde: primavera, amarillo: verano y anaranjado: otoño.

Figura 3**.** Diagrama de Trellis y obtención de los valores necesarios para el cálculo de M_i en el método de Jolly (1965). Basado en Lemos-Espinal *et al*. (2005).

Figura 4. Número de lagartijas hembras y machos de *Phrynosoma orbiculare* capturadas en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Donde: H = hembras y M = machos.

Figura 5. Representación piramidal del número de categorías de talla de *Phrynosoma orbiculare* capturadas en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Donde C = crías, J = jóvenes y A = adultos.

Figura 6. Variación mensual de la longitud hocico-cloaca (LHC) de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Donde: cuadros azules = hembras, equis rojas = machos, línea negra discontinua = LHC máximo de crías, línea discontinua roja = talla de LHC a la que maduran sexualmente los machos y línea discontinua azul = talla de LHC a la que maduran sexualmente las hembras.

Figura 7. Variación mensual y estacional en la proporción de cada categoría en la estructura por edades de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Donde: azul = invierno, verde = primavera, amarillo = verano y anaranjado = otoño.

Figura 8. Variación mensual de lagartijas marcadas con vida presentes en la población de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos. Se muestra el promedio para los 4 años de estudio (2016-2019).

Figura 9. Tamaño poblacional mensual promedio y promedio de porcentajes de categoría de talla de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Se muestran valores mínimos y máximos del tamaño poblacional.

Figura 10. Tasa de sobrevivencia mensual promedio de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Se muestran valores mínimos y máximos.

Índice de cuadros

Cuadro 1. Categorías de talla de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Se muestran los intervalos de la LHC para cada sexo.

Índice general

Resumen **7**
Introducción **8**
Antecedentes **10**
Estudios ecológicos en lacertilios 10
Estudios ecológicos en el género *Phrynosoma* 13
Especie de estudio **15**
Conocimientos de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos **16**
Justificación **18**
Objetivos **19**
Materiales y métodos **20**
Área de estudio 20
Colecta de datos 21
Estructura poblacional 22
Trabajo de gabinete 22
Obtención de parámetros poblacionales 23
Número de lagartijas marcadas con vida 24
Tamaño poblacional 24
Tasa de sobrevivencia 25
Resultados **26**
Estructura poblacional mensual 26
Variación estacional de la estructura poblacional 28
Lagartijas marcadas con vida presentes en la población 31
Tamaño poblacional 32
Tasa de sobrevivencia 32
Discusión **36**
Estructura poblacional y sus variaciones 36
Tamaño poblacional 40
Tasa de sobrevivencia 42
El tamaño poblacional y la tasa de sobrevivencia como atributos poblacionales en la historia de vida de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos **45**
Conclusiones **47**
Literatura citada **48**

Resumen

Los aspectos poblacionales (estudiados por la demografía), son herramientas que nos permiten entender la dinámica de las poblaciones y como es que se relacionan con su ambiente. En el presente estudio se conoció y describió la dinámica del tamaño poblacional y tasa de sobrevivencia que presentó una población de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos, Estado de México, México. Se realizaron muestreos mensuales desde enero del 2016 hasta diciembre del 2019 (con excepción de diciembre 2017 y de enero a marzo del 2018); a todos los individuos se les registraron datos como la LHC, sexo y categoría de talla; así como el mes y año en que fueron capturados y recapturados. Por medio del modelo propuesto por Jolly (1965) se obtuvieron los valores para cada parámetro. Se obtuvo un total de 1,186 registros que pertenecieron a 591 lagartijas diferentes. La estructura poblacional se definió en tres categorías de talla de acuerdo con registros previos: crías ≤33 mm, jóvenes <64 mm machos y <65 mm hembras y adultos ≥65 mm machos y ≥66 mm hembras. A las crías (n = 252) se les observó en las estaciones de primavera y verano (abril a agosto) teniendo mayores densidades en abril y mayo, a los jóvenes (n = 190) y adultos (n = 149) se les observó en todos los meses de muestreo. Los jóvenes tuvieron mayores densidades en otoño mientras que para los adultos fue variable. El tamaño poblacional fue mayor en abril registrándose las tres categorías de talla siendo las crías las más abundantes, y fue menor hacia finales y principios de los años registrando solo a jóvenes y adultos. *P. orbiculare* presentó mayor tasa de sobrevivencia en los meses de mayo, agosto y septiembre y nula en los meses de enero y diciembre debido a los costos fisiológicos a los que se enfrenta *P. orbiculare* vía las bajas temperaturas. Los resultados sugieren que las fluctuaciones en los aspectos poblacionales de *P. orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos van acorde a las condiciones climáticas del sitio, así como con las características biológicas propias de la especie.

Introducción

Los aspectos poblacionales como el tamaño poblacional, natalidad, mortalidad, tasa de sobrevivencia, estructura poblacional, reclutamiento de clases, madurez sexual (estudiados por la demografía) son características importantes en la historia de vida de todos los organismos. Son herramientas muy útiles que nos permiten saber sobre la ecología de las especies e indagar sobre el significado adaptativo de los caracteres de su historia de vida, el rol que juegan en su hábitat y cómo éste repercute en las fluctuaciones poblacionales con respecto al tiempo (Gadsden, 2006; Ryberg, 2014; Hult & Germano, 2015). De acuerdo con Zug (1993), la historia de vida de una especie se puede resumir por sus parámetros demográficos como la tasa de natalidad y mortalidad, los movimientos migratorios y la estructura de la población a lo largo del tiempo ya que tratan de la interacción entre la longevidad, la edad reproductora, el patrón de crecimiento y la mortalidad por edades específicas frente al medio ambiente. Las variaciones que se presenten en los aspectos demográficos y/o poblacionales se han considerado como el resultado de las diferentes respuestas a las presiones de selección, las cuales difieren principalmente entre especie, edad, sexo, estatus reproductor y social (Bailey, 1984; Pike *et al*., 2008).

Fue a partir de finales de la década de los sesentas y principios de los setentas cuando estudios demográficos pioneros en historia de vida de reptiles como los de Tinkle (1967), Pianka (1970) y Pianka & Parker (1975) tuvieron un mayor impacto y marcaron el inicio de una nueva línea de investigación en cuanto al entendimiento de la dinámica de las poblaciones de lacertilios, derivando en trabajos que han

abordado temas meramente ecológicos (Hernández-Gallegos, 2004; Begon, *et al*., 2006; Ryberg, 2014; Hult & Germano, 2015; Suárez-Varón, 2015).

La dinámica en la demografía de las poblaciones de lacertilios se ha visto influenciada principalmente por factores como la temperatura (Adolph & Porter, 1993; Parker 1994), precipitación (Andrews, 1988; Bull, 1994), disponibilidad de alimento (Ballinger, 1977; Howland, 1992; Smith, 1996), presencia o ausencia de especies competidoras y/o depredadoras (Pérez-Mellado *et al*., 2008), urbanización (Hult & Germano, 2015) y por los incendios ocasionales (Colli *et al*., 2015).

Hoy en día es importante entender las dinámicas poblacionales, ya que en las últimas décadas el panorama para las poblaciones faunísticas silvestres no se ha visto favorable por la afectación de sus hábitats a causa de actividades de origen antrópico (Rudel & Roper, 1997; Aide *et al*., 2013). Por si fuera poco, el cambio climático ha sido unos de los principales factores que ha provocado el declive de poblaciones faunísticas, afectando principalmente a las poblaciones de muchas especies de reptiles al ser animales ectotermos y depender de la calidad del ambiente en el que se desarrollan (Sinervo *et al*., 2010; Vitt & Caldwell, 2014). Aunque muchas de las fluctuaciones en las poblaciones sean comunes (Blaustein *et al*., 1994), no todos los declives se dan por causas naturales (Gibbons *et al*., 2000).

Por todo lo anterior, conocer los aspectos poblacionales de cualquier especie nos dará un mejor panorama sobre cómo es que se encuentra la población de interés, ya sea para fines de un aprovechamiento racional de interés económico (podremos saber cuántos organismos extraer de la población sin que esta se vea afectada), o

para la implementación de estrategias adecuadas para la conservación de poblaciones amenazadas en donde los números de organismos se han visto reducidos (Lemos-Espinal *et al*., 2005), siendo de vital importancia la acción de expertos para la recuperación a corto, mediano o largo plazo de la población.

Entonces el seguimiento de las poblaciones a través del tiempo será una herramienta de valor significativo para entender sus respuestas ante los cambios en las condiciones ambientales, los cuales pueden ser naturales o estar determinados por las actividades humanas (Hult & Germano, 2015; Grimsley & Leavitt, 2018; Bucio-Jiménez, 2020).

Antecedentes

Los estudios poblacionales en reptiles se han abordado bajo la premisa de entender la ecología e historia de vida de las diferentes poblaciones existentes en el planeta. Derivado de lo anterior, se pueden dar respuestas bien apoyadas a preguntas como: ¿Qué factores regulan el tamaño de las poblaciones de saurios? ¿A qué se debe que el rápido aumento que se observa al inicio de casi todas las poblaciones de saurios no continúe? (Gadsden, 2006).

Estudios ecológicos en lacertilios

Uno de los primeros estudios en registrar la historia de vida y demografía de lacertilios fue el realizado por Tinkle (1967). El autor registró características de historia de vida de *Uta stansburiana* como el ciclo reproductor en machos y hembras

y cómo es que este se relaciona con la temporada y el ambiente, el número de crías por nidada, así como la LHC a la que hembras y machos alcanzan la madurez sexual (42 mm y 46 mm LHC, respectivamente), el tamaño y estructura de la población.

Pianka (1970) encontró una correlación positiva significativa entre la abundancia estimada de dos poblaciones de *Cnemidophorus tigris* con la precipitación total en 5 años de estudio, lo que sugirió que la abundancia de esta especie está determinada por el suministro de alimentos (termitas para la población del sur y escarabajos y saltamontes para la población del norte). El autor también encontró que es en la población del sur donde existe una mayor tasa de mortalidad (depredación). Lo anterior debido a una mayor cantidad de biomasa de aves, lagartos y serpientes depredadoras en los sitios en los que se distribuye la población del sur, así como mayores avistamientos de lagartijas con colas rotas o en proceso de regeneración.

En la lagartija *Anolis limifrons*, Andrews (1988) encontró una correlación entre el número relativo de individuos jóvenes y la supervivencia de los huevos debido a que es una consecuencia del ciclo estacional de crecimiento y reproducción, ya que la mayoría de los huevos se depositan en la temporada de lluvias (mayo-diciembre) y las crías completan el crecimiento durante la estación de sequía (enero-abril) y se convierten en adultos reproductores en su segunda temporada de lluvias.

Rodríguez-Romero (1999) registró que las especies *Sceloporus bicanthalis* y *S. aeneus* presentan un promedio de 7.32 crías por camada y cinco crías por puesta, respectivamente. Mas tarde el mismo autor en el 2004 registró que tanto las

hembras y machos de *S. bicanthalis* y de *S. aeneus* sobreviven en promedio 8 meses y que posiblemente son los nacimientos y eclosiones los factores que repercuten en el tamaño poblacional, inclusive más que las inmigraciones.

Dentro de las fluctuaciones en las poblaciones de lacertilios es de gran interés por parte de los investigadores saber sobre el por qué es que ocurren, qué influye y cómo llegan a repercutir en la estabilidad de las poblaciones. Hernández-Gallegos (2004) registró para 5 poblaciones de 5 especies diferentes del género *Aspidoscelis* con diferente modo reproductor las fluctuaciones en la sobrevivencia debido a factores abióticos y menciona que la mayor parte de los individuos sobrevive menos de un año (independientemente de su modo de reproducción), lo anterior puede deberse por una incidencia elevada de huracanes y que debido a las características de la madurez sexual, el corto tiempo de generacional y la partenogénesis pueden promover una pronta recuperación de la población después de un huracán.

La tasa de supervivencia de las poblaciones de lagartijas, dependiendo de las condiciones ambientales que se presenten en cada año, puede presentar ya sea un incremento o un decremento. Zúñiga-Vega *et al*. (2010) registraron la tasa de supervivencia que *Xenosaurus* sp. presentó en tres años de estudio. Los autores encontraron que, en dos de los tres años de estudio, las tasas de crecimiento de la población indicaron una tendencia hacia el aumento. Sin embargo, en uno de los tres años, la tasa de crecimiento de la población indicó una disminución. Los autores adjudican ese decremento a las condiciones ambientales adversas para la especie, ya que ese año las condiciones ambientales fueron las más cálidas y secas registradas.

Estudios ecológicos en el género *Phrynosoma*

Pianka & Parker (1975) realizaron de los primeros estudios ecológicos dirigidos al género *Phrynosoma* en donde hacen una comparación de la ecología de *Phrynosoma platyrhinos* con otras especies del género dentro de las cuales están las pertenecientes al clado Tapaja y entre ellas *P. orbiculare*. Aquí se registraron los tiempos de actividad de las especies y la relación existente entre la temperatura corporal, la dieta y cómo esta difiere entre las especies, así como la talla a la que maduran sexualmente las hembras y algunos machos del género. Aquí se registró que las hembras de *P. modestum* son las que maduran sexualmente más rápido a una LHC de 50 mm en comparación de las otras especies del género, así mismo los machos de *P. douglassi* a una LHC de 62 mm y son las hembras de *P. solare* y machos de *P. platyrhinos* las/los que presentan la LHC mayor a la madurez sexual con 91 mm y 68 mm respectivamente. Para las hembras de *P. orbiculare*, los autores registraron que maduran sexualmente a los 67 mm de LHC.

Beltrán-Sánchez *et al*. (2005) registraron la paridad de *P. taurus* para los meses de mayo y junio y evidenciaron que las hembras con mayor LHC tuvieron un mayor número de crías (15 crías) en comparación con las de menor tamaño (8 y 11 crías). Para *P.* orbiculare, en una población en el Estado de México, Suárez-Rodríguez *et al*. (2018), registraron que las hembras tienen en promedio 8.3 crías y Hernández-Navarrete (2018) evidenció que en la misma población las hembras viven 5 años y los machos 3 años.

Endriss *et al*. (2007) estimaron la sobrevivencia de *P. cornutum* en una población cercana a la base aérea de Oklahoma. En dicho estudio registraron que el 60% de

los nidos sobrevivieron hasta la eclosión y que la sobrevivencia de la población se mantiene estable por la presencia de metapoblaciones con las cuales se llega a relacionar ocasionalmente, de lo contrario la sobrevivencia de la población se vería afectada debido a su cercanía con una zona urbanizada.

En el estudio de Barrows y Allen (2009) registraron que una población del lagarto cornudo de cola plana, *Phrynosoma mcallii*, fue más abundante en dunas no perturbadas que en dunas perturbadas y se relacionaban con la abundancia de alimento, pero no con la temporada de lluvias. Sin embargo, en ambos sitios se presentaban fluctuaciones en la abundancia llegando a disminuir un 50% cada año y presentaron una disminución general del 90%; adicionalmente registraron que factores como la cantidad de arbustos y suelo compactado influían en la presencia de individuos.

Hult y Germano (2015), registraron que la LHC de los adultos de *Phrynosoma blainvillii* es menor en comparación con otra población de menor altitud debido a la diferencia de disponibilidad de recursos y requerimientos entre las poblaciones. Dichos autores también registraron una mayor presencia de crías y jóvenes en los meses de junio y julio y adultos en abril y mayo, para lo meses más fríos las lagartijas observadas fueron muy pocas.

Especie de estudio

Phrynosoma orbiculare Linnaeus, 1789

El camaleón de montaña, *Phrynosoma orbiculare* (Figura 1), es una especie vivípara de forrajeo pasivo e incluida dentro del clado Tapaja (Hodges, 2004; Sherbrooke, 2003). Tiene la habilidad de arrojar sangre por una estructura cercana al ojo llamada seno acular como un método antidepredatorio (Sherbrook & Middendorf, 2001; Gómez-Benitez *et al*., 2021). Es endémica de México con amplia distribución geográfica (Bryson *et al.,* 2012); en el centro del país incluye los estados de: Puebla, Morelos, Hidalgo y Estado de México, habitando principalmente en zonas abiertas con vegetación semiárida y bosques de pino-encino. Sus principales características morfológicas constan de ocho escamas modificadas a manera de cuernos presentes en la cabeza, los cuales se encuentran organizados de la siguiente manera: dos cuernos occipitales cortos y tres cuernos temporales en cada lado de la cabeza, de los cuales el externo es el menor (Méndez de la Cruz *et al*., 2003). De acuerdo con la lista roja de la IUCN está catalogada como una especie de preocupación menor (LC), mientras que en la NOM-059-SEMARNAT-2010 está considerada como una especie amenazada (A) y de acuerdo con Wilson *et al*. (2013), tiene un valor de 12 en la escala de Environmental Vulnerability Score (EVS) catalogándola como una especie con vulnerabilidad media.

Figura 1. Hembra de *Phrynosoma orbiculare* del Parque Estatal Sierra Morelos. Fotografía de Edgar Oviedo Hernández, 2020.

Conocimientos de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos

En los estudios realizados a la fecha en el Parque Estatal Sierra Morelos (PESM), Estado de México, se han categorizado tres tallas con diferentes intervalos para la población de *P. orbiculare*: crías ≤33 mm, jóvenes <64 mm machos y <65 mm hembras y adultos ≥65 mm machos y ≥66 mm hembras (Pérez-Arriaga *et al*., 2016). Hernández-Navarrete (2018) registró que las crías y los jóvenes presentan una tasa de crecimiento corporal mayor que los adultos (0.150 mm/día, 0.174 mm/día y 0.014 mm/día, respectivamente), y es en las estaciones de verano y otoño cuando más crecen crías y jóvenes, también registró que las hembras son más longevas al vivir

dos años más que los machos (cinco y tres años, respectivamente). Su dieta es específica con un elevado grado de mirmecofagia (91.2%) y varía entre estaciones siendo mayor en primavera y menor en otoño (Rojas-Hernández, 2018). Presenta una conducta reproductora en los meses de agosto y septiembre, una gestación entre los meses de octubre y marzo y culmina con parto de forma asincrónica entre abril y junio (Suárez-Rodríguez *et al*., 2018; Hernández-Hernández, 2020). Las hembras con mayor LHC y con mayor peso presentan un mayor tamaño de camada (TC), mientras que las hembras con menor peso presentan mayor masa relativa de camada (Suárez-Rodríguez *et al.*, 2018). Las crías nacen con una LHC promedio de 26.1 mm (intervalo 20.4-33) (Suárez-Rodríguez *et al.,* 2018). Martínez-Nova (2019) registró que *P. orbiculare* prefiere microhábitats de pastizales densos, ya que son ideales para refugiarse ante condiciones ambientales desfavorables, así como de la depredación. Por otro lado, también registró el ámbito hogareño, siendo este mayor en individuos adultos (583.7 ± 196.6 m^2) que en jóvenes (52.8 ± 12.8 m^2) y son los machos los que se mueven más. Gómez-Benitez (2020) determinó que *P. orbiculare* es unimodal respecto a la temperatura, donde las horas con mayores temperaturas (medio día) son las preferidas por los adultos para perchar, y las horas con menores temperaturas las preferidas para las crías y jóvenes, así como su preferencia espacial por los claros solares; de igual manera determinó que en el mantenimiento de la preñez en la dormancia se logra por dos estrategias: por una potencial diapausa embrionaria y por un abandono ocasional del refugio. Gómez-Benitez *et al*. (2021) registraron a la lagartija cornuda más pequeña jamás registrada empleando el chorro de sangre y que dicha característica se mantiene durante toda su ontogenia.

Justificación

Los resultados del presente estudio aportarán información sobre las fluctuaciones en los aspectos poblacionales que *P. orbiculare* presenta en el Parque Estatal Sierra Morelos como características de su historia de vida para entender la relación existente entre su dinámica poblacional y las condiciones de su hábitat, ya que estas últimas fungen como una presión de selección y se ha visto que muchos atributos poblacionales cambian en concordancia con el ambiente en donde se desarrollan (Stearns & Hoekstra, 2000) repercutiendo tanto en la demografía poblacional como en la adecuación de la especie (Hamlett, 1992). Los resultados obtenidos contribuirán a expandir el conocimiento que se tiene hasta ahora en la ecología e historia de vida de *P. orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos.

Objetivos

General

- Describir los aspectos poblacionales de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos, Estado de México, México.

Particulares

- Describir la variación mensual-estacional de la estructura poblacional que *Phrynosoma orbiculare* presenta en el Parque Estatal Sierra Morelos.
- Conocer y describir el tamaño poblacional mensual y sus variaciones de acuerdo con las categorías de talla que *Phrynosoma orbiculare* presenta en el Parque Estatal Sierra Morelos.
- Conocer y describir la tasa de sobrevivencia mensual que *Phrynosoma orbiculare* presenta en el Parque Estatal Sierra Morelos.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en el Parque Estatal Sierra Morelos (PESM) que tiene como coordenadas 19° 20’ 00’’ a 19° 17’ 47’’ de latitud norte, y 99° 30’ 00’’ a 99° 43’ 25’’ de longitud oeste a ± 2,700 msnm, colindando al sur con los municipios de Toluca y Zinacantepec, Estado de México, ambos municipios considerados como zonas urbanas debido a una alta dominancia de sus paisajes por el ser humano (Marzluff, *et al*., 2001). En el PESM predomina un clima templado con lluvias en verano, en primavera la temperatura tiene sus picos más altos descendiendo en verano y siendo esta más baja en invierno (Figura 2) derivando en una estacionalidad bien definida; su vegetación está constituida principalmente por pinos y cedros (mismos con los que se han llevado a cabo programas de reforestación), así como especies menores de matorrales, agaves, nopal (Gobierno del Estado de México, 2013), y pastos amacollados que sirven de refugio para *P. orbiculare*. El sitio de estudio comprende un área de 14, 755 m^2.

En el PESM se pueden observar a ocho especies de reptiles estas son: *P. orbiculare, Crotalus triseriatus*, *Thamnophis eques*, *T. scalaris, Conopsis lineata, Sceloporus torquatus, S. grammicus, Barisia imbricata* y al anfibio *Dryophytes* sp. (Decreto, 1981; Suarez-Varón *et al*., 2016).

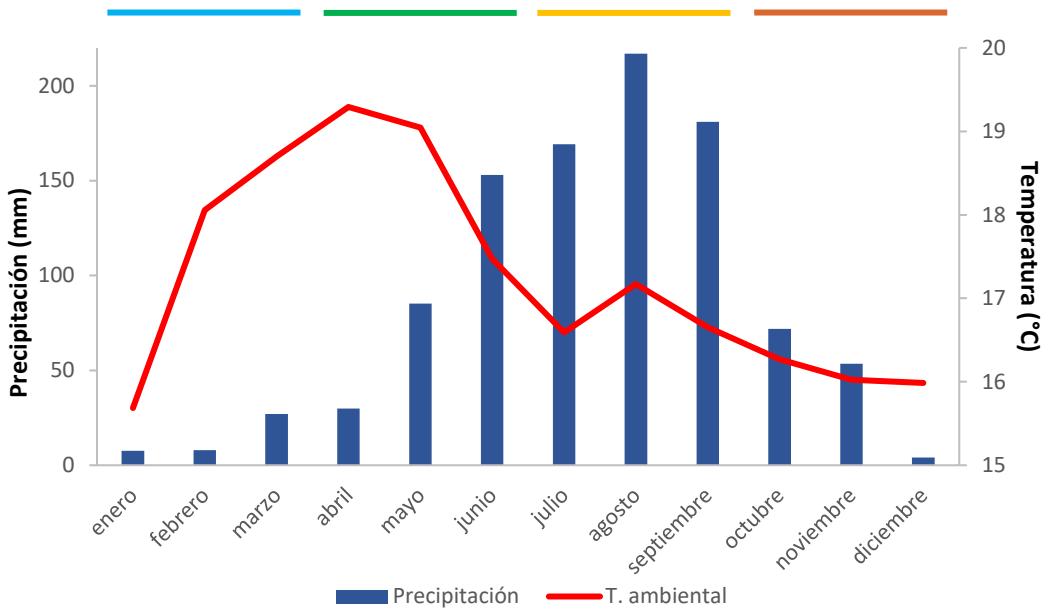

Figura 2. Temperatura ambiental promedio (°C), representada por la línea roja, y precipitación acumulada (mm), representada por las barras azules, en el Parque Estatal Sierra Morelos, Estado de México. Los datos corresponden al periodo de estudio 2016-2019 (CONAGUA, 2020). Donde: azul: invierno, verde: primavera, amarillo: verano y anaranjado: otoño.

Colecta de datos

Se realizaron muestreos mensuales que abarcaron los años 2016 a 2019 (con excepción de diciembre 2017 y de enero a marzo 2018), teniendo un total de 44 meses de muestreos. Todos los individuos fueron capturados manualmente. De cada individuo se registraron los siguientes datos: longitud hocico-cloaca (LHC), el sexo (tras la observación de dos escamas post-cloacales agrandadas para el caso de los machos, Sherbrooke, 2003), categoría de talla (cría, joven y adulto), así como el año y mes en que fueron capturados y recapturados (tal fuera el caso). Seguido de la toma de datos se procedió a marcar mediante la ectomización de falanges

(Tinkle, 1967) a los organismos que no contaban con alguna marca previa a los muestreos (esto con el objetivo de identificar a los organismos en muestreos subsecuentes). A todos los organismos se les liberó en el sitio de captura y se les marcó con un punto de pintura indeleble en la base de la cola para no repetir su captura en el mismo día.

Estructura poblacional

La estructura poblacional se definió de acuerdo con los intervalos de LHC previamente propuestos para tres categorías de talla por Pérez-Arriaga *et al*. (2016), en donde: crías ≤33 mm, jóvenes <64 mm machos y <65 mm hembras y adultos ≥65 mm machos y ≥66 mm hembras.

Trabajo de gabinete

Se elaboró una base de datos en Excel con todos los datos de interés (individuo, año y mes de captura-recaptura/s, sexo, LHC y categoría de talla). Posteriormente, se procedió a la elaboración de una tabla de arreglo rectangular, comúnmente llamada diagrama de Trellis (Figura 3), la cual nos permitió identificar por muestreo de manera clara y concisa el número de organismos capturados, liberados y recapturados; así como el año y mes de las recapturas de los organismos. Este diagrama es conveniente utilizarlo cuando se tiene gran cantidad de información como lo es el caso de este estudio.

			mij						
Día *i*	n_i	r_i	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	-	-	-						
2	-	-	-	-					
3	47	47	18	23	- →	m_3			
4	-	-	9	15	19				
5	-	-	13	10	6				
6	-	-	19	32	25				
7	-	-	12	13	21				
8			15	18	21				
			↓ z_3		↓ y_3				

Figura 3**.** Diagrama de Trellis y obtención de los valores necesarios para el cálculo de M_i en el método de Jolly (1965). Basado en Lemos-Espinal *et al*. (2005).

Se utilizó la propuesta de Leslie y Chitty para el vaciado de los datos en el diagrama de Trellis, en donde cada organismo recapturado contribuyó sólo con una marca siendo ésta la más reciente, es decir, un organismo capturado y marcado por primera vez el día 1 y, posteriormente, recapturado los días 2, 3 y 4, sólo contribuirá con la marca del día 4.

Obtención de parámetros poblacionales

El modelo propuesto por Jolly (1965) descrito en Lemos-Espinal *et al.* (2005) ofrece estimadores de sobrevivencia por periodo y se obtienen estimadores confiables cuando se tiene alrededor del 20% de recapturas por censo. En el presente estudio, nuestros datos se ajustaron a la propuesta de Jolly, ya que se contó con un 77% de censos (34 de 44 meses) en donde las recapturas fueron mayores al 20%.

Número de lagartijas marcadas con vida

Para la obtención de este parámetro (M_i) se asume que la probabilidad de recaptura es la misma tanto para organismos marcados como para organismos no marcados, representado por la siguiente ecuación:

$$\frac{z_i}{M_i - m_i} = \frac{y_i}{r_i}$$

Despejando M_i:

$$M_i = \frac{z_i r_i}{y_i} = m_i$$

Donde:

z_i = lagartijas que serán recapturadas en días posteriores al muestreo.

r_i = lagartijas capturadas, marcadas y liberadas el día del muestreo.

y_i = lagartijas del conjunto r_i que serán recapturadas en días posteriores al muestreo.

m_i = total de lagartijas recapturadas el día del muestreo.

Lo anterior se ejemplifica en la Figura 3.

Tamaño poblacional

Ya con los valores obtenidos de M_i, se puede estimar el tamaño poblacional (N_i) para cualquier día de muestreo, a partir de la formula modificada de Petersen:

$$N_i = \frac{M_i(n_i + 1)}{m_i + 1}$$

Donde:

M_i = número de lagartijas marcadas con vida el día del muestreo.

n_i = número de animales capturados el día del muestreo.

m_i = total de lagartijas recapturadas el día del muestreo.

Tasa de sobrevivencia

La tasa de sobrevivencia (S_i), entre el tiempo transcurrido de un muestreo a otro, se calculó con la siguiente ecuación:

$$S_i = \frac{M_{i+1}}{M_i + r_i - m_i}$$

Donde:

M_{i+1} = número de lagartijas marcadas con vida del muestro posterior.

M_i = número de lagartijas marcadas con vida el día del muestreo.

r_i = lagartijas capturadas, marcadas y liberadas el día del muestreo.

m_i = total de lagartijas recapturadas el día del muestreo.

Resultados

Durante los cuatro años de estudio en el Parque Estatal Sierra Morelos se obtuvo un total de 1,186 capturas de *P. orbiculare* que pertenecieron a 591 lagartijas diferentes de las cuales 317 fueron hembras y 274 fueron machos (Figura 4), es decir, se obtuvo un total de 595 recapturas (50.1%). A su vez de las 591 lagartijas diferentes, 252 lagartijas correspondieron a la categoría de crías, 190 fueron jóvenes y 149 adultos (Figura 5).

Estructura poblacional mensual

De acuerdo con los registros previos por Pérez-Arriaga *et al*. (2016), *P. orbiculare*, en el Parque Estatal Sierra Morelos, se categorizaron tres tallas con diferentes intervalos (Cuadro 1) en donde las hembras alcanzan la madurez sexual a los 66 mm y los machos a los 65 mm de LHC. Las categorías de talla variaron en la LHC con respecto a los meses de muestreo como se muestra en la Figura 6. Se observó a las crías (n = 252, promedio de LHC = 29.1 mm) en los meses de abril a agosto presentando mayor densidad en abril y mayo. A los jóvenes (n = 190, promedio de LHC = 44.3 mm) y adultos (n = 149, promedio de LHC = 77.4 mm) se les observó en todos los meses de muestreo (excepto adultos en enero 2019). Esta estructura en la población es repetitiva para todos los años de muestreo. Fueron las hembras las que presentaron una mayor LHC registrando un máximo de 98 mm (promedio de 47.7 mm, cabe señalar que también fue una hembra con el menor registro de LHC, 20 mm), mientras que para los machos la mayor LHC registrada fue de 85 mm (promedio de 44.4 mm).

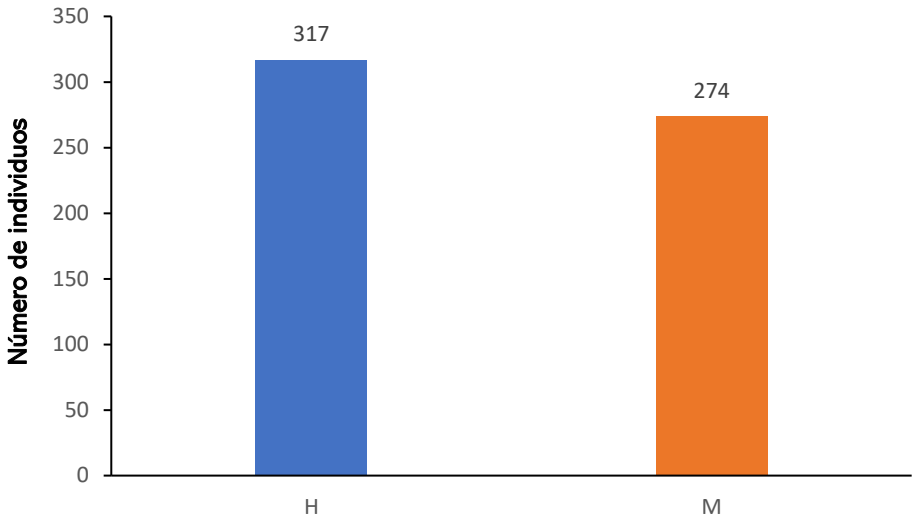

Figura 4. Número de lagartijas hembras y machos de *Phrynosoma orbiculare* capturadas en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Donde H = hembras y M = machos.

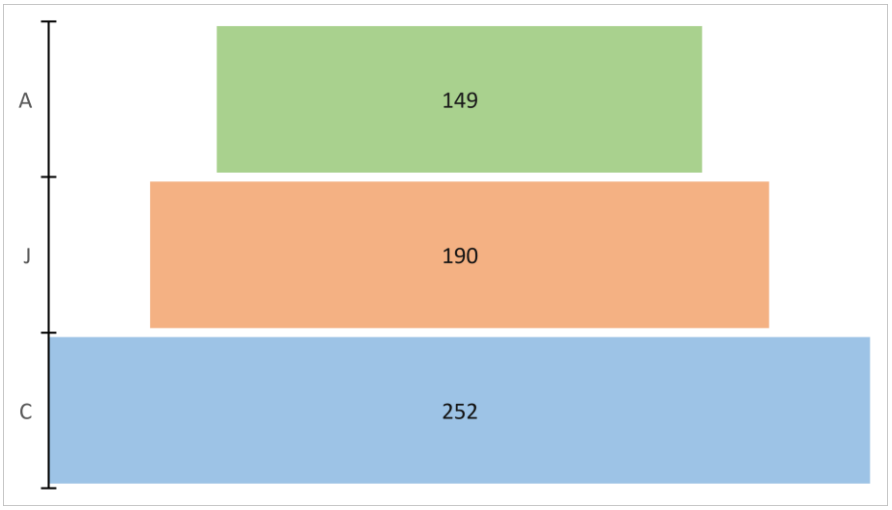

Figura 5. Representación piramidal del número de categorías de talla de *Phrynosoma orbiculare* capturadas en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Donde C = crías, J = jóvenes y A = adultos.

Cuadro 1. Categorías de talla de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Se muestran los intervalos de la LHC para cada sexo.

Sexo	**Cría**	**Joven**	**Adulto**
Hembra	20 mm-33 mm	34 mm-65 mm	≥66 mm
Macho	25 mm-33 mm	34 mm-64 mm	≥65 mm

Variación estacional de la estructura poblacional

Los resultados evidenciaron una variación mensual y estacional (estaciones previamente definidas en el centro del país en estudios de lagartijas de alta montaña, Hernández-Gallegos *et al*., 2002) en la estructura poblacional (Figura 7). Las crías tuvieron una mayor densidad en la estación de primavera en los meses de abril y mayo. Para los meses de julio y agosto (verano) la densidad de las crías tendió a disminuir y para los meses y estaciones restantes no hubo avistamiento alguno. La mayor proporción de jóvenes ocurrió al final de verano, todo otoño e invierno con un mayor número registrado en los meses de septiembre y octubre. Ya para la estación de primavera el número disminuyó. Es pertinente mencionar que en enero 2019 sólo se observó a un individuo perteneciente a la categoría de joven, por lo que el porcentaje para esta categoría fue del 100%. El porcentaje de los adultos fue muy variable entre los meses y estaciones del año presentando mayores densidades en las estaciones de invierno y otoño.

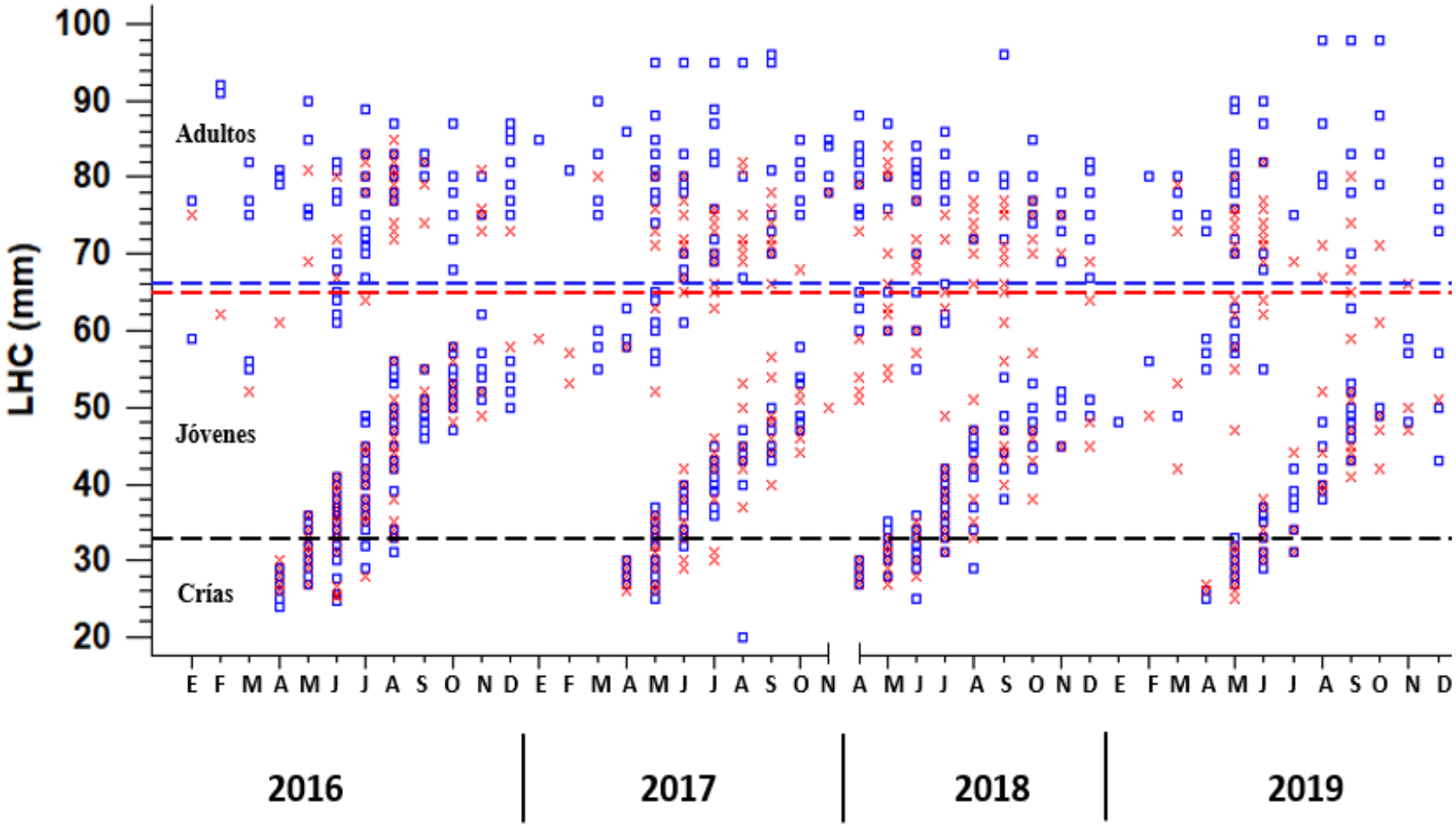

Figura 6. Variación mensual de la longitud hocico-cloaca (LHC) de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Donde: cuadros azules = hembras, equis rojas = machos, línea negra discontinua = LHC máximo de crías, línea discontinua roja = talla de LHC a la que maduran sexualmente los machos y línea discontinua azul = talla de LHC a la que maduran sexualmente las hembras.

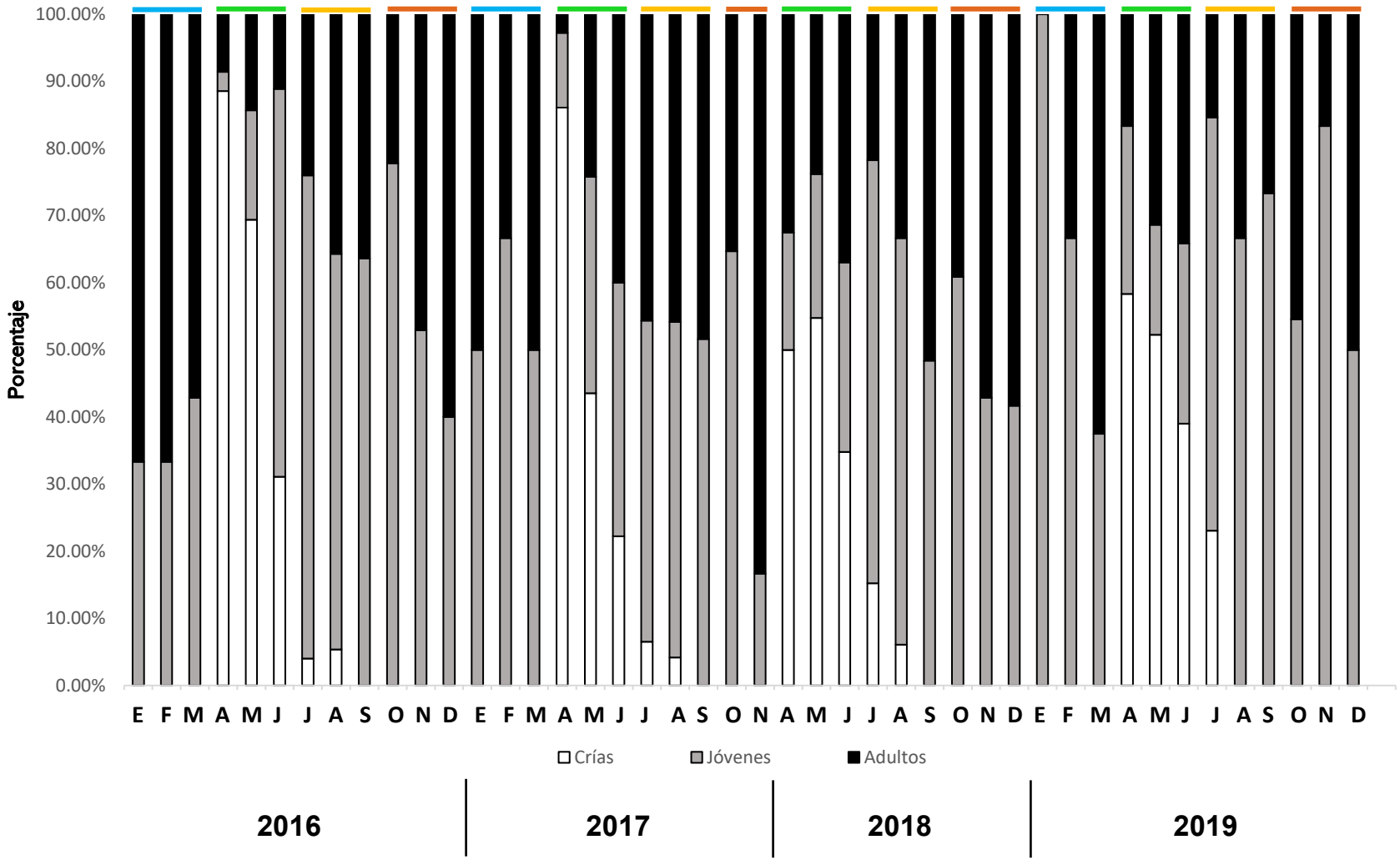

Figura 7. Variación mensual y estacional en la proporción de cada categoría en la estructura por edades de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Donde: azul = invierno, verde = primavera, amarillo = verano y anaranjado = otoño.

Lagartijas marcadas con vida presentes en la población

Este parámetro fue necesario obtenerlo y explicarlo para así estimar y comprender los valores de los parámetros de interés. De acuerdo con el modelo de Jolly (1965), el número de lagartijas marcadas encontradas con vida y presentes en la población mostró variación con respecto a los meses y años de muestreo (Figura 8). En enero no se contaron con valores para esta estimación. En febrero se empezaron a tener los primeros aumentos de organismos marcados. Para los meses de abril, junio y octubre se obtuvieron los picos máximos con 131, 87 y 75 lagartijas marcadas promedio. En mayo se tuvo el primer descenso considerable, posteriormente tuvo ascensos y descensos entre meses para finalmente tener un último valor de 29 lagartijas promedio en el mes de diciembre.

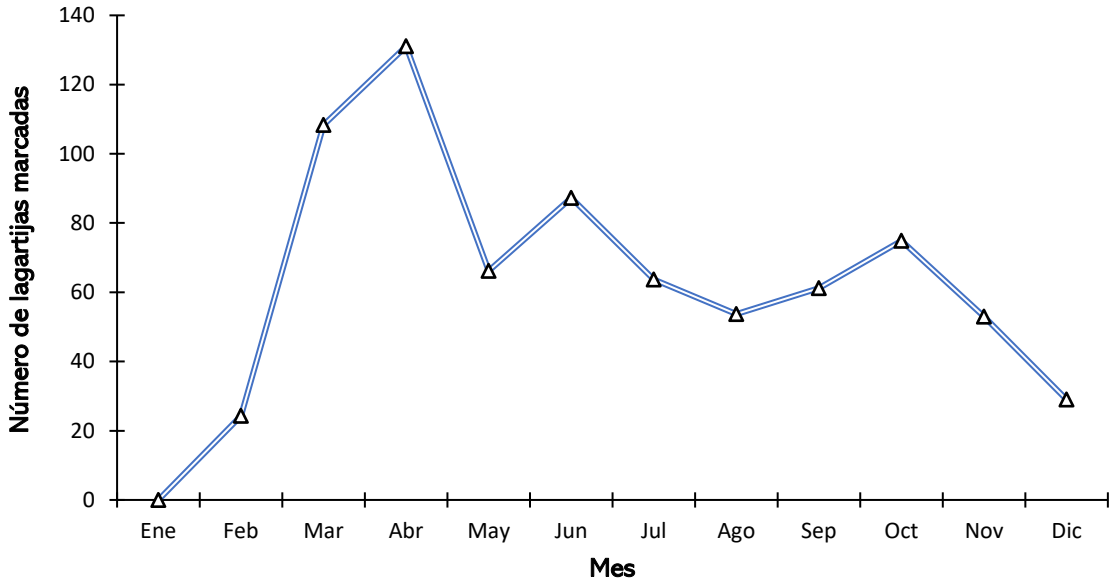

Figura 8. Variación mensual de lagartijas marcadas con vida presentes en la población de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos. Se muestra el promedio mensual para los 4 años de estudio (2016-2019).

Tamaño poblacional

Durante los 4 años de estudio, el tamaño poblacional de *P. orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos tuvo un promedio de 229 lagartijas y evidenció un mismo patrón en los 4 años de estudio (Figura 9). El aumento significativo en este aspecto poblacional se observó en el mes de abril llegando a registrar un promedio de 933 lagartijas donde las crías fue la categoría de talla más abundante, el tamaño poblacional comenzó un descenso paulatino de mayo a agosto al mismo tiempo que las crías disminuyeron y tanto adultos como jóvenes fueron aumentando siendo estas dos categorías las únicas presentes de septiembre a marzo , fue también a partir del mes de agosto que el tamaño poblacional se mantuvo constante hasta noviembre, en septiembre ya no se registraron crías y fueron en los meses de diciembre a febrero cuando se registraron los valores del tamaño poblacional promedio más bajos (45, 0 y 36, respectivamente) con las categorías jóvenes y adultos como las únicas presentes para dichos meses.

Tasa de sobrevivencia

El modelo de Jolly (1965), a diferencia de otros modelos, nos permitió estimar la sobrevivencia mensual (por muestreo) que presentó *P. orbiculare* en el sitio de estudio (Figura 10). A continuación, se explica los valores promedio por mes de este parámetro pertenecientes a los cuatro años de estudio. Los resultados obtenidos indicaron que es en los meses de febrero y marzo cuando el promedio de la tasa de sobrevivencia es mayor, de hecho, dichos valores rebasaron la unidad (valores de

1.2 y 2.6, respectivamente y valores máximos de 3.6 y 5, respectivamente). El porqué de estas sobrestimaciones se abordará en el apartado de discusión, ya que Jolly (1965) indica que la sobrevivencia se mide de 0 a 1, donde los valores cercanos a 1 aluden a sobrevivencias altas y valores cercanos a 0 son consideradas sobrevivencias bajas. De acuerdo con lo anterior, fue en los meses de mayo, agosto y septiembre cuando se presentó una alta sobrevivencia (promedios de 0.8, 0.95 y 0.97, respectivamente). La sobrevivencia fue media en abril (promedio de 0.49) y para los meses de diciembre y enero la sobrevivencia fue nula con valores de 0 para ambos meses.

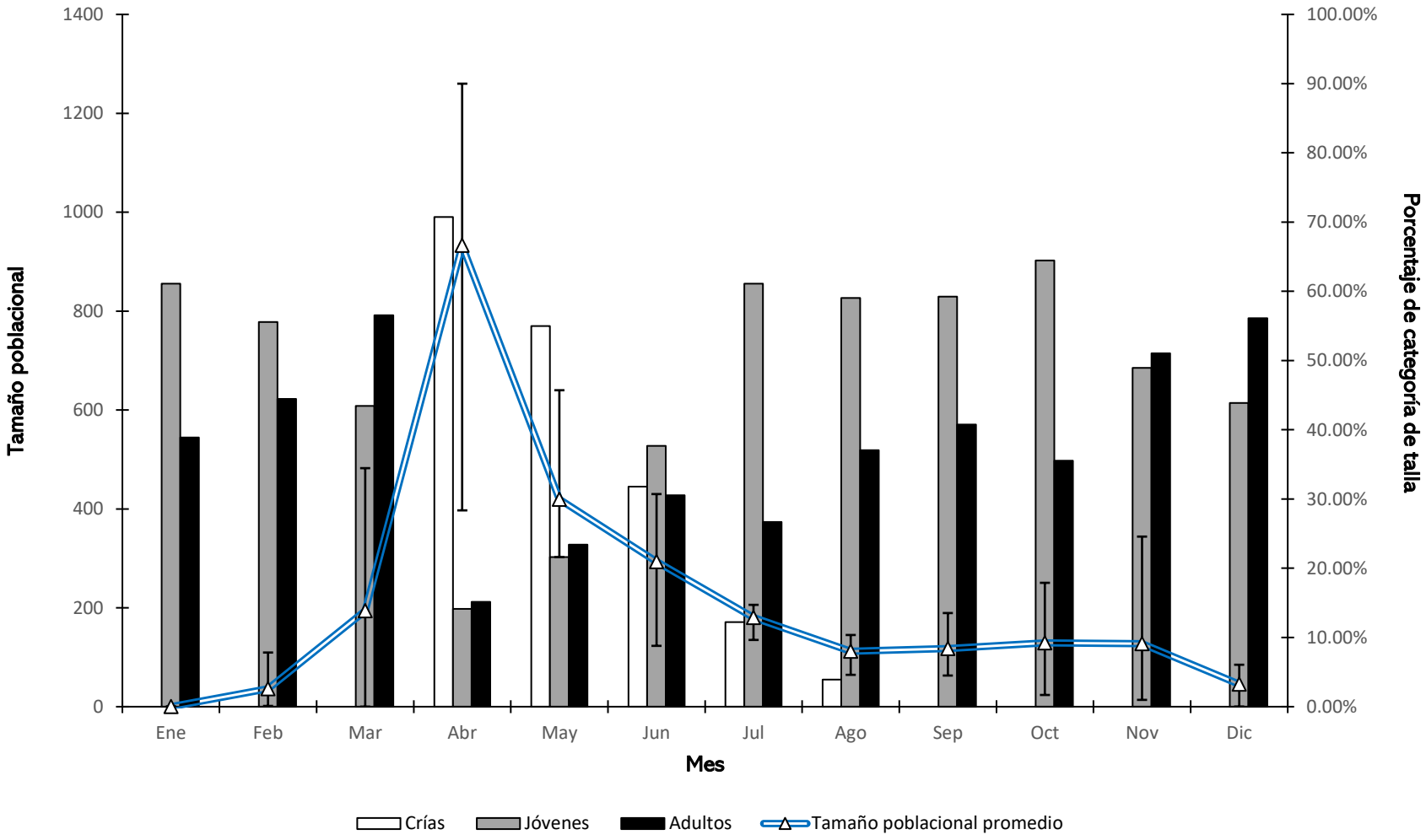

Figura 9. Tamaño poblacional mensual promedio y promedio de porcentajes de categoría de talla de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Se muestran valores mínimos y máximos del tamaño poblacional.

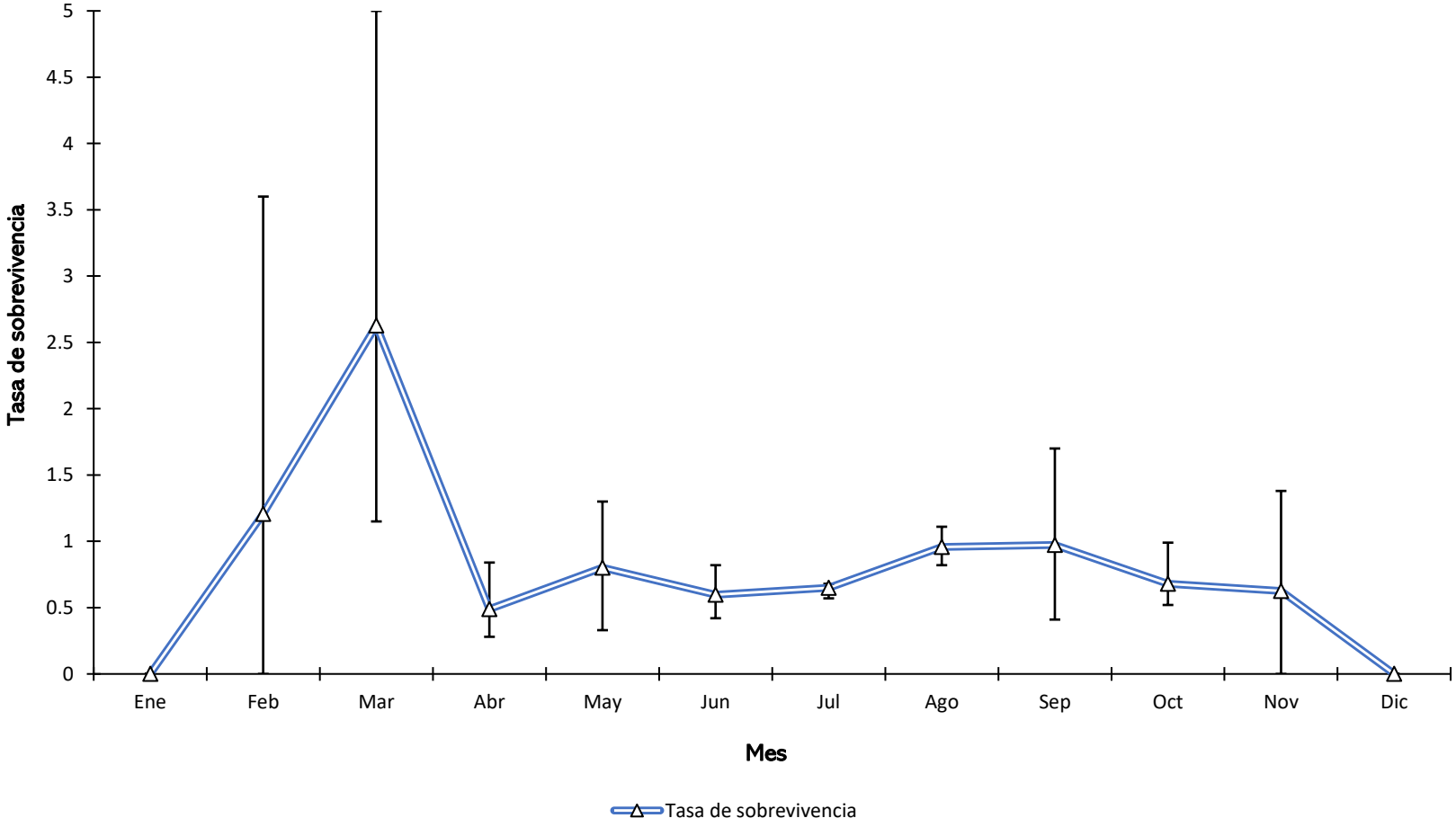

Figura 10. Tasa de sobrevivencia mensual promedio de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos en los 4 años de estudio (2016-2019). Se muestran valores mínimos y máximos.

Discusión

Mediante la implementación de la técnica de captura-marcaje-recaptura, se evidenció que la población de *P. orbiculare*, en el Parque Estatal Sierra Morelos, tiene fluctuaciones en los parámetros poblacionales, los cuales, son características propias en la historia de vida de esta lagartija y obedecen a parámetros ambientales.

La técnica de captura-marcaje-recaptura ha sido de los mejores métodos empleados por gran cantidad de investigadores interesados en saber sobre la ecología de poblaciones de reptiles. Tal efectividad se ha visto reflejada en los trabajos como los de Hernández-Gallegos (2004), García-Grajales *et al*. (2007), Endriss *et al*. (2007), Grimsley & Leavitt (2018), por mencionar algunos. Dicha técnica ha proporcionado una información basta de gran importancia enfocada en la dinámica de las poblaciones y, con ello, se ha logrado saber y comprender las fluctuaciones que presentan los parámetros poblacionales (Van Horne *et al*., 1997) en muchas especies de reptiles.

Estructura poblacional y sus variaciones

Los intervalos obtenidos para cada categoría de talla de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos, difieren con los propuestos para una población de *P. orbiculare* en Villa del Carbón, Estado de México registrados por Luna-Kamyshev (2012). Dicho autor definió tres categorías de talla con los siguientes intervalos: individuos de 27 mm – 52.3 mm los consideró crías, individuos de 56 mm – 97 mm los consideró jóvenes y a los individuos con una LHC de 100 mm – 142 mm fueron

considerados adultos (muy probable estas diferencias son debido a que el autor pudo haber considerado la longitud total en lugar de la LHC). Estos intervalos, para cada categoría, el autor los obtuvo mediante la distribución de frecuencias para datos agrupados, si bien no existen grandes diferencias en el hábitat de ambas poblaciones como un factor que explique las diferencias entre los intervalos para cada categoría de talla, el autor argumenta que lo anterior es tras desconocer la edad que llegan a alcanzar las lagartijas en el campo.

En la estación de primavera fue cuando se comenzaron a presenciar a las crías y fueron en los meses de abril y mayo cuando presentaron una mayor densidad, sugiriendo que en primavera es la estación en la que los partos se presentan con mayor frecuencia. Esto concuerda con lo registrado por Luna-Kamyshev (2012), aunque el autor notó una mayor densidad de crías en el mes de junio y, ya entrando a agosto no registró cría alguna. La mayor densidad de crías aparentemente va de la mano con el aumento de la humedad por las altas precipitaciones promedio y con la disminución de la temperatura promedio oscilando entre los 19.3 y 17. 4°C (CONAGUA, 2020, Figura 2). Esto puede sugerir que las condiciones ambientales antes mencionadas son las favorables para las crías y estudios previos ya han demostrado que existe una correlación con la disponibilidad de alimento (Pianka, 1970; Zug *et al*., 2001; Rojas-Hernández, 2018).

Los nacimientos en primavera también ya han sido registrados para otras especies del género con la misma paridad, como lo es para *P. braconnieri* y *P. taurus* (Sherbrooke, 1997; Zamudio & Parra-Olea, 2000; Beltrán-Sánchez *et al*., 2005). Los partos en primavera parecen ser muy comunes entre especies del género, así como

en diferentes linajes de lagartijas, y es un patrón que tampoco parece discriminar entre especies con paridad vivípara (Woolrich-Piña *et al.,* 2005). La sincronización de los partos con las condiciones ambientales, las cuales son las más adecuadas y proveen de muchos recursos para las crías (Pough *et al*., 1998), puede fomentar que la competencia entre crías sea menor debido a una alta abundancia de recursos alimenticios tal y como lo explicado por Zug *et al*. (2001).

Los eventos de nacimientos en primavera de *P. orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos, también se pueden explicar desde un punto hormonal en donde las hormonas como la progesterona (P4, relacionada con la gestación) y los estrógenos (E2, relacionado con el parto) son detonantes para dicho evento, ya que sus concentraciones se ven implicadas y se les ha encontrado relación con los factores climáticos para dicha estación (Hernández-Hernández 2020).

Respecto al bajo registro de crías en los dos primeros tercios de la estación de verano (mes de julio y agosto) y, seguido de un nulo registro de crías para finales de la misma estación en el mes de septiembre, puede ser un indicador de que es en el mes de septiembre cuando las crías terminan de añadirse a la siguiente categoría de talla dado que se registró un aumento de la categoría de jóvenes para ese mismo mes. Algo similar fue registrado por Pianka & Parker (1975) en la especie ovípara *P. platyrhinos*, en donde la densidad de juveniles se ve intensificada hacia el mes de septiembre. Esto puede estar obedeciendo las características del hábitat en el que se desarrollan ambas especies, independientemente del modo de paridad. Por otro lado, la presencia de jóvenes en todo el año nos puede estar indicando que algunos individuos pudieron ser evidentemente parte de los últimos partos debido a

la asincronía existente (Suárez-Rodríguez *et al*., 2018; Hernández-Hernández, 2020) y, tras haberse añadido a la categoría de joven debido a un crecimiento acelerado en las estaciones de verano y otoño (Hernández-Narvarrete, 2018), interrumpieron su crecimiento al entrar en un periodo de inactividad (dormancia), principalmente en la estación de invierno, refugiándose ante las condiciones ambientales desfavorables que se presentan hacia finales y principios de año (Gómez-Benitez, 2020) y, después de haber terminado su periodo de inactividad, emergieron de sus refugios aún como jóvenes. Pero ¿qué nos explica la presencia de jóvenes en los meses más fríos cuando se supone que deberían estar inactivos? Una posible respuesta la podemos encontrar en los hallazgos que los autores Grant & Doherty (2009) registraron, dichos autores también notaron que los individuos jóvenes de *Phrynosoma mcallii* no entraron en este periodo de inactividad, por lo que argumentaron que podía deberse a que no todos los organismos acumularon una buena cantidad de reservas energéticas antes de entrar en dormancia y en respuesta los organismos se mantuvieron activos para cumplir con este requerimiento (Grant & Doherty, 2006), al mismo tiempo de que libraban una competencia con los adultos inactivos (Wone y Beauchamp, 2003) por los pocos recursos alimenticios disponibles; invirtiendo entonces más energía en alimentarse y crecer en invierno para así poder reproducirse en la temporada próxima (Flat-tailed Horned Lizard Interagency Coordinating Committee, 2003). Sin embargo, del mismo modo que los jóvenes, en el presente estudio, hubo algunos registros de adultos que no entraron en dormancia tal y como lo registrado por Gómez-Benitez (2020). Dicho autor notó que adultos equipados con transmisores estaban por encima del sustrato, descartando así la conducta de dormancia, lo anterior en

hembras adultas como una estrategia durante la preñez. Esto da soporte a nuestras diferencias de sexos que se encontraron, aparentemente, sin estar en dormancia (46 hembras y 17 machos). Ante esto también cabe la posibilidad de que los organismos hayan tenido un despertar temprano de su dormancia debido a los cambios de temperatura como efecto directo del calentamiento global (Bülbül *et al.*, 2019). Sin embargo, no se puede dejar de lado que estas observaciones, tanto de los adultos como de los jóvenes que, aparentemente no entraron en dormancia, coincidieron cuando estos cambiaban de madriguera como lo registrado por Grant & Doherty (2009). Se recomienda profundizar en futuros estudios enfocados en la ausencia de este periodo de inactividad que presentan algunos individuos jóvenes y machos adultos para saber qué factores rigen este comportamiento.

Tamaño poblacional

El aumento abrupto en el tamaño de la población que se da en la estación de primavera (principalmente en el mes de abril), se explica debido a que es la temporada de partos, estando respaldado por un alto porcentaje de crías (2016 = 88.57%, 2017 = 86.11%, 2018 = 50% y 2019 = 58.3%, Figura 7). Los nacimientos pueden ser el principal factor para el crecimiento poblacional, inclusive puede estar por encima de las inmigraciones como lo sugerido por Rodríguez-Romero (2004) en su estudio de dos especies del género *Sceloporus* (*S. bicanthalis* y *S. aeneus*). Los meses en que sucedieron los partos de *P. orbiculare* coinciden cuando el aumento de la precipitación y la disminución de la temperatura se hacen presentes. Estudios han sugerido que los nacimientos se correlacionan con la temporada de lluvias y

con una buena oferta térmica debido a que las condiciones ambientales propiciarán de abundante alimento y será la mejor época para el desarrollo y crecimiento de las crías (Pianka, 1970; Zug *et al*., 2001). Esta relación positiva entre los factores climáticos con el aumento poblacional también se ha registrado en otras especies de lagartijas que no pertenecen al género *Phrynosoma*, tal es el caso de *Anolis limifrons* en donde Andrews (1988), registró que el incremento en la población de dicha lagartija, así como una alta puesta de huevos, va al mismo tiempo que la temporada de lluvias sucede. En la lagartija *Xenosaurus* sp. el tamaño de su población disminuyó cuando factores como la precipitación y la temperatura fueron los más bajos y altos, respectivamente, según lo registrado por Zuñiga-Vega *et al*. (2010). Sin embargo, existen especies dentro del género *Phrynosoma* que no parece tener una relación el tamaño de su población con factores ambiental como la lluvia, tal caso fue registrado por Barrows & Allen (2009) para la especie *P. mcallii*, en donde el tamaño de su población fue menor cuando las lluvias se presentaron. Los autores argumentaron que esto se debió a la ausencia de su principal alimento, las hormigas cosechadoras.

Hacia finales y principios de año (transición de otoño a invierno) las condiciones ambientales no fueron las más apropiadas para los individuos de *P. orbiculare*, ya que en este estudio se registró escasez de lluvias y temperaturas muy bajas, por lo que los organismos se vieron en la necesidad de hacer uso de microhábitats y refugiarse en madrigueras y/o macollos para evitar una alta mortalidad (Hult & Germano, 2015; Martínez-Nova, 2019; Gómez-Benitez, 2020) pudiendo esto explicar los bajos números en el tamaño poblacional para dichas fechas. Luna-

Kamyshev (2012), aporta otra explicación para este fenómeno argumentando que en la evidente ausencia de lagartijas en la estación de invierno se debe a que las especies vegetales pierdan su follaje, limitando así el alimento para las especies herbívoras como los insectos los cuales forman parte de la dieta de *P. orbiculare*, y que, como una consecuencia inmediata, es la disminución brusca de las poblaciones de insectos la que también provoca un colapso en la población de *P. orbiculare*.

Las variaciones interanuales que presenta el tamaño poblacional debido a factores intrínsecos (i. e. temperatura [Zúñiga-Vega *et al*., 2007; Luna-Kamyshev, 2012], precipitación [Andrews, 1988], temporalidad de huracanes [Hernández-Gallegos, 2004], alimento [Pianka & Parker, 1975], entre muchos más), propias del sitio de distribución de cada especie, han sido un foco de estudio para los investigadores, ya que se ha comprobado que tienen un efecto directo en la dinámica del tamaño poblacional de muchas especies de reptiles y fungen claramente como los reguladores de este aspecto.

Tasa de sobrevivencia

Los valores promedio obtenidos por encima de la unidad en los meses de febrero y marzo (mismos que indican una alta sobrevivencia) pueden que estén sujetos a un error puramente matemático sobrepasando así los limites biológicos como lo explicado por Lemos-Espinal *et al*. (2005). Lo anterior, puede estar ligado a nulas recapturas que se obtuvieron en algunos muestreos causando sobrestimaciones en

los mismos. Aun así, nuestras estimaciones respecto a una tasa de sobrevivencia escasa hacia los meses fríos y secos (diciembre y enero), concuerdan con las estimadas para las especies *Sceloporus torquatus* (Vargas-García, 2019), *Anolis cristatellus*, *A. gundlanchi*, *Sphaerodactylus* spp. (Huey *et al*., 2009), inclusive esto se ha registrado en otros organismos ectotermos como los insectos (Abram *et al*., 2017). Diversos estudios han evidenciado que la temperatura tiene un impacto directo en los procesos de los organismos ectotermos, como: la digestión, resistencia a las enfermedades, gestación, y actividades biológicas (Angilletta *et al*., 2002; Kearney & Porter, 2004; Le Galliard *et al*., 2010; McKay & Phillips, 2012) y de no ser las adecuadas, las poblaciones tienden a declinar con posibilidades a extinguirse (Sinervo *et al*., 2010). Tinkle (1967) detectó que el invierno mata hasta el 25% de la población total de *Uta stansburiana*, Wone & Beauchamp (2003) solo recapturaron a 6 de 69 lagartijas marcadas de *Phrynosoma mcallii* después de la época fría y Ashton (2001) evidenció una baja sobrevivencia en neonatos de *Crotalus viridis* adjudicándoselo a los costos fisiológicos que conlleva la dormancia vía las bajas temperaturas.

La sobrevivencia que se obtuvo cerca de la unidad (indicado una alta sobrevivencia), correspondieron para los meses de mayo, agosto y septiembre a su vez correspondieron con las estaciones que brinda los mejores recursos como ya se ha mencionado a lo largo de este apartado, teniendo un efecto positivo en la sobrevivencia. Resultados similares han sido registrados para *Anolis limifrons* (Andrews, 1988), *Iberolacerta monticola* (Galán *et al*., 2007), *Sceloporus torquatus*

(Vargas-García, 2019) y para *Phrynosoma orbiculare* registrado por Luna-Kamyshev (2012).

Los potenciales depredadores que *P. orbiculare* pudiese tener en el Parque Estatal Sierra Morelos, puede ser una causa de la tasa de sobrevivencia media en el mes abril (valor de 0.49) que es cuando las crías son más abundantes siendo esta una causa que regula los números de este parámetro naturalmente, ya que es la temporada cuando las presas son más abundantes y las crías de *P. orbiculare* puede fungir como tal quizá al ausente cuidado parental en la mayoría de las especies de reptiles (Vitt & Caldwell, 2014). La mortalidad en crías es muy común en los reptiles y ya ha sido registrado para algunas especies de iguanas del género *Conolophus* en donde Márquez *et al*. (2010) observaron una alta depredación en crías por depredadores tanto naturales como no naturales. La mortalidad es alta también en las crías de otros grupos de reptiles como las tortugas. Cayuela *et al.* (2019) encontraron que la tasa de mortalidad en las tortugas es mayor en los primeros años de vida de *Kinixys* sp. y Tuberville *et al*. (2008) evidenció lo mismo para *Gopherus agassizii*. Sin embargo, Pike *et al*. (2008) estimaron las tasas de mortalidad en serpientes, tortugas y lagartijas, si bien existía una diferencia en la mortalidad entre los grupos de reptiles mencionados, la sobrevivencia de los neonatos no difería con la de sus conespecíficos. Los autores sugieren que la baja supervivencia en crías está más ligada a las bajas recapturas, ya que son más escurridizas y hacen uso de diferentes microhábitats dificultando sus capturas.

Aunque no se observó ningún evento de depredación en el tiempo que duró este estudio, no se deja de lado que la depredación que llegue a presentar *P. orbiculare*

en el sitio sea un posible regulador en este parámetro, ya que se han observado serpientes y aves rapaces (Gobierno del Estado de México, 2013) y pueden tener el papel de posibles consumidores tope de la cadena alimenticia del sitio.

El tamaño poblacional y la tasa de sobrevivencia como atributos poblacionales en la historia de vida de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos

Las diversas estrategias de adaptación han proporcionado la información necesaria para comprender las fuerzas evolutivas y como estas han moldeado las diferentes historias de vida de diferentes especies acorde a las características que su hábitat les prevé (Gadsden, 2006). Para el caso de nuestra especie de estudio, el lagarto cornudo, *P. orbiculare* (al igual que en otros escamados), sus estrategias de adaptación se ven influenciadas principalmente por las fluctuaciones implícitas en los factores ambientales como la temperatura y precipitación en el Parque Estatal Sierra Morelos. La estrategia de entrar en un periodo de dormancia le permite hacer frente a las bajas temperaturas (Gómez-Benitez, 2020), y es esta misma conducta y las condiciones ambientales lo que provoca un abatimiento en el tamaño poblacional y una sobrevivencia escasa en los meses más fríos que se dan a principios y finales de cada año. Una vez que ya han comenzado las primeras lluvias y, la temperatura oscila entre 19 y 17°C, propiciarán las condiciones óptimas en el hábitat, provocando el despertar de *P. orbiculare*. Pero lo anterior no solo beneficia a las lagartijas, también beneficiará a la vegetación y otros animales ectotermos como lo son los insectos, estos últimos también serán una variable importante que

determinará los periodos en que se den los nacimientos y, por consiguiente, repercutirá en el súbito aumento del tamaño de la población, al mismo tiempo de que los depredadores serán un factor que regule el tamaño de la población y sobrevivencia de *P. orbiculare* al pasar del tiempo. Optar por una estrategia de sincronía en su despertar con las mejores condiciones ambientales y con una mayor cantidad de insectos, provee a las crías de una mejor calidad ambiental, así como una mayor cantidad de recursos alimenticios permitiéndoles tener un crecimiento y desarrollo óptimo antes de que la temperatura, precipitación y cantidad de alimento vuelvan a ser las menos favorables y tanto el tamaño poblacional y tasa de sobrevivencia vuelvan a colapsar. La comprensión de las variaciones en la temperatura, precipitación y recursos alimenticios en el Parque Estatal Sierra Morelos ha permitido conocer el porqué de los diferentes valores que el tamaño poblacional y la sobrevivencia presentan a lo largo del año y como es que estos valores presentan un mismo patrón entre los años. Al tener claro cómo es que las fuerzas de selección ambientales han influido en las estrategias adaptativas, que a su vez han moldeado el ciclo de vida de *P. orbiculare*, nos está abriendo paso para comprender de una manera más clara y profunda la biología de esta especie y, de manera implícita, su evolución.

Conclusiones

- ✓ La técnica de captura-marcaje-recaptura permitió estimar y explicar el tamaño poblacional y la tasa de sobrevivencia que *Phrynosoma orbiculare* presentó en el Parque Estatal Sierra Morelos.
- ✓ La variación en la estructura poblacional evidenció que las crías de *P. orbiculare* se observan en los meses de abril a agosto (primavera y verano) y tanto jóvenes como adultos se observaron en todos los meses y estaciones.
- ✓ El tamaño poblacional promedio que *Phrynosoma orbiculare* presentó en los cuatro años de estudio tuvo su pico en el mes de abril, siendo las crías la categoría de talla que presentó mayor densidad, se mantuvo relativamente constante de agosto a noviembre y de diciembre a febrero fue menor con mayores densidades de jóvenes y adultos.
- ✓ La tasa de sobrevivencia promedio que *Phrynosoma orbiculare* presentó en los cuatro años de estudio resultó ser mayor en mayo, agosto y septiembre, media en abril y fue menor en diciembre y enero.

Literatura citada

Abram, P. K., Boivin, G., Moiroux, J., and Brodeur, J. 2017. Behavioral effects of temperature on ectothermic animals: unifying thermal physiology and behavioral plasticity. Biological Reviews 92:1859-1876.

Adolph, S. C., and Porter, W. P. 1993. Temperature, activity and lizard life histories. The American Naturalist 142:273-295.

Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., López-Carr, D., Levy, M. A., Redo., D, Bonilla-Moheno, M., Riner, G., Andrade-Núñez, M. J., and Muñiz, M. 2013. Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). Biotropica 45:262-271.

Andrews, R. M. 1988. Demographic correlates of variable egg survival for a tropical lizard. Oecologia. Berlin 76:376-382.

Angilletta, Jr. M.J., Niewiarowski, P. H., and Navas, C. A. 2002. The evolution of thermal physiology in ectotherms. Journal of Thermal Biology 27:249-268.

Ashton, K. 2001. Body size variation among mainland populations of the western rattlesnake (Crotalus viridis). Evolution 55:2523-2533.

Bailey, J. A. 1984. Principles of wildlife management. USA: John Wiley & Sons.

Ballinger, R. E. 1977. Reproductive strategies: food availability as a source of proximal variation in a lizard. Ecology 58:628-635.

Barrows, C. W. and Allen, M. F. 2009. Conserving species in fragmented habitats: population dynamics of the flat-tailed horned lizard, *Phrynosoma mcalli*. The Southwestern Naturalist 54:307-316.

Begon, M., Townsend, C, R., and Harper, J., L. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. 4th ed. Blackwell Publishing Ltd. United Kingdom. 714 p.

Beltrán-Sánchez, E., Mendoza-Quijano, F. y Sherbrooke, W. C. 2005. Aspectos reproductivos del camaleón vivíparo *Phrynosoma taurus* (Sauria:

Phrynosomatidae) de Zumpango del rio, Guerrero. Bol. Soc. Herpetol. Mex. 13:37-41.

Blaustein, A. R., Wake, D. B, and Sausa, W. P. 1994. Amphibian declines: judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. Conservation Biology 8:60–71.

Bryson, R. W., García-Vásquez, U. O., and Riddle, B. R. 2012. Diversification in the Mexican horned lizard Phrynosoma orbiculare across a dynamic landscape. Molecular Phylogenetics and Evolution 62:87-96.

Bucio-Jiménez, L. E. 2020. Demografía comparada de dos poblaciones de *Sistrurus ravus* (Serpentes: Viperidae) en dos poblaciones con diferente grado de disturbio. Tesis de Maestría, UNAM. México.

Bülbül, U., Koç, H., Orhan, Y., Odabaş, Y., and Kutrup, B. 2019. Early waking from hibernation of some amphibian and reptil species in Gümüşhane Province of Turkey. Sinop Uni. J. Nat. Sci 4:63-70.

Bull, C. M. 1994. Population dynamics and pair fidelity in sleepy lizards. Pp. 159-174 in L. J. Vitt and E. R. Pianka (eds.), Lizard Ecology - historical and experimental perspectives. Princeton, NJ. Princeton University Press.

Cayuela, H., Akani, G. C., Hema, E. M., Eniang, E A., Amadi, N., Ajong, S. N., Dendi, D., Petrozzi, F. & Luiselli, L. 2019. Life history and age-dependent mortality processes in tropical reptiles. Biological Journal of the Linnean Society 20:1-12.

Colli, G. R., de Sousa, H., Soares, A. H. S. B., Costa, B. M., Pantoja, D. L, Caetano G. H., and de Queiroz, T. A. 2015. Fire regimes and the demography of the lizard *Micrablefarus atticolus* (Squamata, Gymnophthalmidae) in a biodiversity hotspot. South America Journal of Herpetology 10:143-156.

Endriss, D. A., Hellgren, E. C., Fox, S. F., and Moody, R. W. 2007. Demography of a urban population of the Texas horned lizard (*Phrynosoma cornutum*) in central Oklahoma. Herpetologica, 63: 320:331.

Flat-tailed Horned Lizard Interagency Coordinating Committee. 2003. Flat-tailed horned lizard rangewide management strategy, 2003 revision. U.S. Fish and Wildlife Service, Carlsbad, CA, 78 pp + appendices

Gadsden, H. 2006. Demografía e historia de vida en saurios. Ciencia Ergo Sum 13-002.

Galán, P., Ferreiro, R., and Naveira, H. 2007. Sobre la supervivencia de la población de la lagartija cantábrica (*Iberolacerta monticola*) de los Montes del Pindo (A Coruña). Boletín de la Asociación Herpetológica Española 18:53-58.

Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J. L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S., and. Winne, C. T. 2000. The global decline of reptiles, de´ja` vu amphibians. BioScience 50:653-666.

Gobierno del Estado de México. 2013. Resumen ejecutivo del programa de conservación y manejo del Parque Estatal Sierra Morelos. Gaceta de Gobierno 45.

Gómez-Benitez, A., 2020. Temporada reproductora y patrones de actividad espacio-temporales de Phrynosoma orbiculare (Squamata: Phrynosomatidae). Tesis de Maestría, UAEMex. México.

Gómez-Benitez, A, Sherbrooke, W. C., Granados-González, G., Suárez-Varón, G., Pérez-Pérez, A., López-Moreno, A. E., and Hernández-Gallegos, O. 2021. Blood squirt ocurrence in the mexican plateau horned lizard (*Phrynosoma orbiculare*). The Southwestern Naturalist 65: 50-52.

Grant, T. G., and Doherty, P. F. 2006. *Phrynosoma mcalli* (flat-tailed horned lizard): hibernation. Herpetological Review 37:346-347.

Grant, T. J., and Doherty, P. F. 2009. Potential mortality effects on off-highway vehicles on the flat-tailed horned lizard (*Phrynosoma mcallii*): A manipulative experiment. Environmental Management 43:508-513.

Grimsley, A. A., and Leavitt, D. J. 2018. Flat-tailed horned lizard (*Phrynosoma mcallii*) monitoring in southeastern California and southwestern Arizona: 2005-2016. Arizona Game and Fish Departament, Wildlife Contracts Branch, Phoenix, Arizona.

Hernández-Gallegos, O. 2004. Demografía de los lacertilios del complejo Aspidoscelis (Cnemidophorus) cozumela (Sauria: Teiidae) y sus especies parentales, en la Península de Yucatán, México. Tesis de Doctorado. UNAM. México.

Hernández-Gallegos, O., Méndez-de la Cruz, F. R., Villagrán-Santa Cruz, M. and Andrews R. M. 2002. Continuos spermatogenesis in the lizard *Sceloporus bicanthalis* (Sauria: Phrynosomatidae) from high elevation habitat of central México. Herpetologica 58:415-421.

Hernández-Hernández, L. E. 2020. Ciclo reproductor de *Phrynosoma orbiculare* (Squamata, Phrynosomatidae): una visión hormonal. Tesis de Maestría, UAEMex. México.

Hernández-Navarrete, D. 2018. Edad y crecimiento corporal de *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae). Tesis de Licenciatura. UAEMex. México.

Hodges, W. L. 2004. Evolution of viviparity in horned lizards (*Phrynosoma*): testing the cold-climate hypothesis. Journal of Evolutionary Biology 17:1230-1237.

Howland, J. M. 1992. Life history of *Cophosaurus texanus* (Sauria: Iguanidae): environmental correlates and interpopulational variation. Copeia 1992:82-93.

Huey, R. B., Deutsch C. A., Tewksbury, J. J., Vitt, L. J., Hertz, P. E., Álvarez, H. J. P., and Garland, Jr. T. 2009. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 276:1939-1948.

Hult, S. M., and Germano, D. J. 2015. Population structure, size, and activity patterns of *Phrynosoma blainvillii* in the San Joaquin desert of California. Herpetological Conservation and Biology 10:839-949.

Kearney, M., and Porter, W. P. 2004. Mapping the fundamental niche: physiology, climate, and the distribution of a nocturnal lizard. Ecology 85:3119-3131.

Le Galliard, J. F., Marquis, O., and Massot, M. 2010. Cohort variation, climate effects, and population dynamics in a short-lived lizard. Journal of Animal Ecology 79:1296-1307.

Lemos-Espinal, J. A., Rojas-González, R. I. y Zúñiga-Vega, J. J. 2005. Técnicas para el estudio de poblaciones de fauna silvestre. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. 157p.

Lowe, C. H., and Howard, C. W. 1975. Viviparity and reproductive pattern in *Phrynosoma ditmarsi* in Sonora, México. Southwestern Naturalist 20:265-270.

Luna-Kamyshev, N. M. 2012. Aspectos poblacionales y ciclo de vida de *Phrynosoma orbiculare* (Squamata Phrynosomatidae) en tres diferentes hábitats del Estado de México. Tesis de Licenciatura. UNAM. México.

Márquez, C., E. Muñoz., G. Gentile., W. Tapia., J. Zabala., S. Naranjo y A. Llerena. 2010. Estado poblacional de las iguanas terrestres (Conolophus subcristatus, C. pallidus y C. marthae: Squamata, Iguanidae), Islas Galápagos. Ser Zool 6:19-37.

Martínez-Nova, N. 2019. Uso de hábitat y ámbito hogareño de *Phrynosoma orbiculare* en el Parque Estatal Sierra Morelos, Estado de México. Tesis de Licenciatura. UAEMex. México.

Méndez-de la Cruz, F., Hernández-Gallegos, O., y Rodríguez-Romero, F. 2003. *Phrynosoma orbiculare*. Elaboración de fichas de 5 especies de lacertilios: PROYNOM-059ECOL-2000. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W033. México. D.F.

McKay, J. L., and Phillips, B. L. 2012. Climatic determinants of the reproductive timing in the Asian house gecko, *Hemidactylus frenatus* Duméril and Bibron (Gekkonidae). The Raffles Bulletin of Zoology 60:583-588.

Parker, W. S. 1994. Demography of the fence lizard, *Sceloporus undulatus*, in northern Mississippi. Copeia 1994:136-152.

Pérez-Arriaga, M. F., Aguilar-Isaac L. J., Andrade-Soto, G., Cancino-Quezadas, N., Cháves-Siles, M. F. D., Suárez-Rodríguez, O., Suárez-Varón, G., y Hernández-Gallegos, O. 2016. Datos de historia natural de *Phrynosoma orbiculare*:

estructura poblacional y tamaño de camada. En V. H. Luja-Molina (Presidencia), XIV Reunión Nacional de Herpetología, Nayarit, México.

Pérez-Mellado, V., Hernández-Estévez, J. A., García-Díez, T., Terrassa, B., Misericordia, M., Castro, J., Picornell, A., Martín-Vallejo, M., and Brown, R. 2008. Population density in *Podarcis lilfordi* (Squamata, Lacertidae), a lizard species endemic to smalls islets in the Balearic Islands (Spain). Amphibia-Reptilia 29:49-60.

Pianka, E. R. 1970. Comparative autoecology of the lizard, *Cnemidophorus tigris*, in different parts of its geographic range. Ecology 5:703-720.

Pianka, E. R., and Parker W. S. 1975. Ecology of horned lizard: a review with special reference to *Phrynosoma platyrhinos.* Copeia 1975:141-162.

Pike, D. A., Pizzatto, L., Pike, B. A., and Shine, R. 2008. Estimating survival rates of uncatchable animals: the myth of high juvenile mortality in reptiles. Ecology 89:607-611.

Pough, F. H., Andrews, R., Cadle, J., Crump, M., Savitzhy, and Wells, K. 1998. Herpetology. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 577 pp.

Rodríguez-Romero, F. 1999. Estudio comparativo de algunos aspectos de la inversión parental en lacertilios de ambientes tropical y templado. Tesis de Maestría. UNAM. México.

Rodríguez-Romero, F. 2004. Demografía comparada de dos especies de lacertilios emparentados del género *Sceloporus* (Sauria: Phrynosomatidae) con diferente modo reproductor. Tesis de Doctorado. UNAM. México.

Rojas-Hernández, U. 2018. Dieta de *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae) en una población del Estado de México. Tesis de Licenciatura. UAEMex. México.

Rudel, T., and Roper, J. 1997. The paths to rain forest destruction: Crossnational patterns of tropical deforestation, 1975-1990. World Development 25:53-65.

Ryberg, W., Hill, M. T., Painter, C. W., and Fitzgerald, L. A. 2014. Linking irreplaceable landforms in a self-organizing landscape to sensitivity of population vital rates for an ecological specialist. Conservation Biology 29:888-898.

Sherbrooke, W. C. 1997. Ditmars' horned lizard, or rock horned lizard: an historical update since discovery (1970). Sonora Herpetologist 10:6-8.

Sherbrooke, W.C. 2003. Introduction to Horned Lizards of North America (1st ed.). Berkeley, University of California Press.

Sherbrooke, W. C., and Middendorf, G. A. 2001. Blood-squirting variability in horned lizard (*Phrynosoma*). Copeia 4:1114-1122.

Sinervo, B., Méndez-de-la-Cruz, F., Miles, D., Heulin, B., Bastiaans E., Cruz, M., Lara Resendiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderon-Espinosa, M., Meza, R., Gadsden, H., Avila, L.J., Morando, M., De la Riva, I., Victoriano, P., Rocha, C., Ibargüengoytía, N., Puntriano, C., Massot, M., and Sites, Jr, J. 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. Science 328:894-899.

Smith, G. R. 1996. Annual life-history variation in the striped plateau lizard, *Sceloporus virgatus*. Canadian Journal of Zoology 74:2025-2030.

Stearns, S. C. and Hoekstra, R. F. 2000. Evolution: An Introduction, Oxford University Press.

Suárez-Rodríguez, O., Suárez-Varón, G., Chávez-Siles, F., Pérez-Arriaga, F., Andrade-Soto, G., Aguilar-Isaac, L., Sherbrooke, W. C., y Hernández-Gallegos, O. 2018. Masa relativa de la camada en *Phrynosoma orbiculare* (Squamata: Phrynosomatidae) en el Parque Estatal Sierra Morelos, Toluca, Estado de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 89:282-289.

Suárez-Varón, G. 2015. Ecología de *Basiliscus vittatus* (Squamata, Corytophanidae): estructura poblacional y proporción sexual. Tesis de Licenciatura. UAEMex. México.

Suárez-Varón, G., Suárez-Rodríguez, O., Chávez-Siles, D., Pérez-Arriaga, F., Andrade-Soto, G., Aguilar-Isaac, L., Cancino-Quezadas, N., y Hernández-

Gallegos, O. 2016. *Thamnophis eques* (Northern Mexican Gartersnake). Herpetological Review 47:485.

Tinkle, D. W. 1967. The life and demography of the side blotched lizards, *Uta stansburiana*. Miscellaneus Publications of Museum Zoology. University of Michigan 132:1-182.

Tuberville TD, Norton TM, Todd BD, Spratt JS. 2008. Long-term apparent survival of translocated gopher tortoises: a comparison of newly released and previously established animals. Biological Conservation 141: 2690–2697.

Van Horne, B., Schooley, R. L., Knick, S. T., Olson, G. S., and Burnham, K. P. 1997. Use of burrow entrances to indicate densities of Townsend´s ground squirrels. Journal of Wildlife Management 61:92-101.

Vargas-García, S. 2019. Demografía comparada de tres especies de lagartijas del género *Sceloporus*: migración temporal y cambios a corto plazo en la abundacia poblacional. Tesis de Maestría. UNAM. México.

Vitt, L. J., and Caldwell J. P. 2014. Herpetology an Introductory Biology of Amphibians and Reptiles (4th ed.). Amsterdam, Elsevier.

Wilson, L. D., Mata-Silva, V., and Johnson, J. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. Amphibian and Reptile Conservation 7:1-47.

Woolrich, P. G. A., Oliver, L. L., y Lemos-Espinal, J. A. 2005. Anfibios y reptiles del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. UNAM, CONABIO, 54 pp.

Wone, B., and Beauchamp, B. 2003. Movement, home range and activity patterns of the horned lizard *Phrynosoma mcallii*. Journal of Herpetology 37:679-686.

Zamudio, K. R., and Parra-Olea, G. 2000. Reproductive mode and male reproductive cycle of two endemic Mexican horned lizards (*Phrynosoma taurus* and *Phrynosoma braconnieri*). Copeia 2000:222-229.

Zug, G. R., and Vitt, L. J. 2001. Herpetology; An introductory biology of amphibians and reptiles. Second edition. Academic Press, 630 pp.

Zug, G. R. 1993. Herpetology. An introductory biology of amphibians and reptiles. Academic Press. 527p.

Zúñiga-Vega, J. J., Valverde, T., Rojas-González, R. I., and Lemos-Espinal, J. A. 2007. Analysis of the population dynamics of an endangered lizard (*Xenosaurus grandis*) through the use of projection matrices. Copeia 2007:324-335.

Zúñiga-Vega, J. J., Zamora-Abrego, J. G., Chang, Y. M., Nieto-Montes de Oca, A., and Johnson, J. B. 2010. Demography of a knob-scaled lizard in northeastern Querétaro, México. Herpetologica 66:39-51.