

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

Ciclo reproductivo de las hembras y de los machos de la lagartija vivípara
Sceloporus grammicus (Squamata: Phrynosomatidae) en una población del
norte de Oaxaca, México

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A
ALFONSO DAVID RIOS PEREZ

DIRECTOR DE TESIS
DR AURELIO RAMIREZ BAUTISTA

TLANEPANTLA, ESTADO DE MEXICO.

2005



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.

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres:

Ma. Elena Pérez Pozas

Armando Ríos Vázquez

A mi hermano

Y a aquella persona que me dio el último empujón

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Agradezco a mi director de tesis Dr. Aurelio Ramírez Bautista por el valioso conocimiento que compartió conmigo, por su paciencia y amistad.

**A mis sinodales por su valiosa ayuda para el desarrollo de este trabajo:
Al Dr. Sergio Chazaro Olvera por su atención para el desarrollo del proyecto así como por la dedicación en sus clases.**

Al M en C Felipe Correa Sánchez por sus atinadas observaciones y contribuciones al trabajo así como su apoyo.

Al Biólogo Tomas Ernesto Villamar Duque por su ayuda, consejos y explicaciones.

A la Bióloga Beatriz Rubio Morales por sus contribuciones para mejoras el trabajo, por su amistad y paciencia durante tanto tiempo así como por compartir su conocimiento conmigo y tantos otros que llegamos a su cobijo.

A mis amigos con los que compartí tantas cosas: Aida por soportarme a pesar de todo, Juan Manuel el charolastra y compinche en tantas experiencias, Luis Enrique co-charolastra que me mantuvo fuera de estrés al apropiarse de todo el posible, Beatriz la gordis por su gran amistad y cariño casi desde el principio, Juan Pablo amigo y congenere del kinder. A Edaena, Ivonne, Teresita, Maritza, Selene y Corina por tan buenos ratos. A Magali por su amistad y sonrisa pegajosa. Raquel, Esther y Lucia.

A Mitzy Ramírez González por todas las cosas que compartió conmigo, el tiempo apoyo y confianza.

INDICE

| | |
|------------------------|----|
| Resumen..... | 2 |
| Introducción..... | 3 |
| Antecedentes..... | 5 |
| Justificación..... | 8 |
| Objetivos..... | 9 |
| Área de Estudio..... | 10 |
| Metodología..... | 12 |
| Resultados..... | 15 |
| Discusión..... | 25 |
| Conclusiones..... | 35 |
| Literatura citada..... | 36 |

RESUMEN

Estudios sobre los patrones reproductivos de las lagartijas han mostrado variaciones entre las especies y entre poblaciones de la misma especie. Varias especies vivíparas del género *Sceloporus* están caracterizadas por una actividad reproductiva otoñal. Sin embargo, aparentemente este no es el caso para la población de *Sceloporus grammicus* de la Sierra Norte de Oaxaca. Los organismos analizados en este estudio provienen de la región antes mencionada recolectados entre 1982 y 1995. El objetivo de este trabajo fue analizar algunas características reproductivas como longitud hocico-cloaca (LHC) mínima a la madurez sexual, dimorfismo sexual entre hembras y machos, ciclo reproductivo de ambos sexos, tamaño de la camada, correlación entre tamaño de la camada y LHC de las hembras. Se encontró que la LHC mínima a la madurez sexual de los machos fue 46 mm y la de las hembras de 44 mm. No se encontró dimorfismo sexual en la LHC, peso (g), largo de la cabeza (LC mm), ancho de la cabeza (AC mm), antebrazo y tibia (mm) entre machos y hembras (U de Mann-Whitney, $P > 0.05$). El ciclo reproductivo de los machos se inicia de julio a agosto, teniendo un incremento significativo en el mes de septiembre, decreciendo en noviembre e incrementando nuevamente de abril a junio. Aparentemente la vitelogénesis se inicia de agosto a octubre y el desarrollo embrionario de noviembre a marzo, y nuevamente entre junio y julio, meses en que se encuentran nuevamente embriones. Los nacimientos ocurren en el mes de abril. El tamaño de la camada fue de 4.98 ± 0.165 (3 – 7) y se correlacionó con la LHC de la hembra ($P < 0.05$). El ciclo reproductivo se presenta como sincrónico, las características reproductivas de los machos y de las hembras no son similares a las de otras poblaciones de montaña de *S. grammicus* previamente estudiadas, lo que podría deberse a que esta población podría estar respondiendo de forma diferente a los factores del medio en que habita.

Palabras clave: *Sceloporus grammicus*, Ciclo reproductivo, Tamaño de la camada, Oaxaca, México.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha incrementado el interés sobre el tema de la reproducción de los reptiles y se han desarrollado investigaciones detalladas de muchas especies de lagartijas (Fitch, 1985). Hace unas décadas se creía que las presiones locales del ambiente eran las características determinantes en la reproducción de los reptiles; pero se ha visto recientemente que la filogenia, el tipo de forrajeo, el tamaño y la forma del cuerpo son factores de gran importancia en la variación geográfica de las historias de vida; para entender la evolución de estas en los reptiles, es necesario estudiar la variación en sus características (Vitt, 1992).

Se reconocen dos modos reproductivos dentro de los reptiles: los que depositan huevos (ovíparos) y los que dan a luz a crías completamente desarrolladas ó vivíparos (Shine, 1983).

Las actividades relacionadas con la reproducción requieren de energía que podría ser usada para el mantenimiento o crecimiento de la lagartija. Estas actividades representan un “costo reproductivo”, en donde las actividades como el comportamiento territorial de los machos para atraer a la hembra o mantener su estatus representan un costo energético; asimismo, el diversificar el uso de la energía para el desarrollo de los huevos, representa una disminución en el desempeño de las hembras al responder a posibles depredadores o al disminuir su tiempo de alimentación durante la preñez. Aquí entran en juego los cuerpos grasos, los cuales funcionan como almacén de energía, ya que se ha observado que en las hembras los cuerpos grasos son mayores durante la estación no reproductiva y menores en la reproductiva (Pianka y Vitt, 2003).

Se ha sugerido que los cuerpos grasos y el hígado funcionan como fuente de energía, principalmente en la reproducción y en la nutrición de las hembras en el invierno; así

como para el cortejo y apareamiento en los machos (Goldberg, 1972; Méndez-de la Cruz, 1988).

Estrategias reproductivas

El estudio de las diferencias observadas en las historias de vida con varias especies de lagartijas llevó a Tinkle (1969) y Tinkle *et al.* (1970) a proponer una teoría general sobre los tipos de historias de vida y su evolución en las lagartijas, identificando dos estrategias; La primera comprende: organismos de maduración temprana, tasa de crecimiento rápida, tamaño corporal pequeño, esperanza de vida corta, múltiples puestas durante el año, generalmente presentes en climas tropicales y ovíparos en su mayoría. La segunda estrategia consta de organismos, ovíparos y vivíparos, con maduración tardía, tasa de crecimiento lenta, talla grande, mayor longevidad, con una sola puesta de huevos durante la estación reproductiva y presentes en climas principalmente templados.

Dentro de estas estrategias reproductivas podemos encontrar tres patrones reproductivos propuestos por Licht en 1966.

1. Aciclico: Existen niveles comparables de actividad reproductiva todos los meses del año.
2. Continuo: Presenta valores variables en la actividad reproductiva.
3. Discontinuo o estacional: Se caracteriza por la discontinuidad en la actividad reproductiva derivado por las condiciones ambientales extremas propias de los ambientes templados o con estacionalidad marcada (Valdez-González, 1998; Ramírez-Bautista *et al.*, 2004)

ANTECEDENTES

En los estudios de historia natural, los miembros del género *Sceloporus* han sido elementos de gran interés y han figurado prominentemente dentro de las investigaciones herpetológicas. La alta diversidad de especies del género *Sceloporus* es debido probablemente a tres factores: Su amplia distribución en América, la cual abarca desde el sur de Canadá hasta el extremo oeste de Panamá; segundo, este género es extremadamente diverso en términos ecológicos, morfológicos, etológicos y fisiológicos, aunque es más diverso en cuanto a número de especies en el suroeste de Estados Unidos y México. Finalmente, la mayoría de las especies son comunes, abundantes, de hábitos diurnos y conspicuos, reconociéndose actualmente aproximadamente 80 especies (Sites *et al.*, 1992).

La oviparidad se presenta en la mayoría de las especies de *Sceloporus* pero muchos de los habitantes de montaña son vivíparos. Algunos *Sceloporus* que no habitan la montaña son vivíparos también o muestran progreso hacia este modo reproductivo mediante la retención de los huevos durante su desarrollo (Fitch, 1978).

Ciclos reproductivos

En general las lagartijas vivíparas del género *Sceloporus* muestran dos ciclos de reproducción: el primero o “ciclo reproductivo de primavera” presenta gonadogénesis, ovulación y fertilización durante la primavera dándose los nacimientos durante el verano siguiente (asociado al incremento en temperatura). El segundo llamado “ciclo reproductivo otoñal”: se caracteriza por mostrar la gametogénesis, cortejo, apareamiento y fertilización durante los meses de otoño, el desarrollo embrionario durante el invierno y con los nacimientos en la próxima primavera (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993).

Sincronía y Asincronía

La actividad reproductiva en especies de lagartijas se puede clasificar en sincrónica y asincrónica. La actividad reproductiva sincrónica se refiere a que la gametogénesis, apareamiento y fertilización ocurren durante la misma temporada (Ortega y Barbault, 1984; Guillette, 1986). Es decir, la actividad reproductiva de los machos y de las hembras ocurre al mismo tiempo.

En la actividad reproductiva asincrónica se presenta la gametogenesis en los machos, mientras que las hembras presentan la maduración del huevo en tiempo diferente. La cópula ocurre sin que se lleve a cabo la fertilización; ésto indica que la hembra presenta una spermateca donde almacena los espermatozoides para usarlos más tarde en la fecundación del huevo (Guillette y Casas-Andreu, 1980). Se han estudiado algunas poblaciones de *Sceloporus grammicus* que presentan reproducción asincrónica en localidades de Puebla (Lemos-Espinal, *et al.* 1995) y Pachuca, Hidalgo (Maciel-Mata, 2005).

Estudios intraespecíficos en los patrones reproductivos de *Sceloporus* indican diferencias marcadas en el tamaño de la camada (Fitch, 1985), tamaño de huevo y edad a la madurez sexual entre poblaciones (Valdez-González, 1998; Maciel-Mata, 2005), así como en componentes del ciclo reproductivo, en las que se incluyen la duración de la temporada reproductiva, tiempo de gestación (Ramírez-Bautista *et al.* 2004) y la longitud hocico-cloaca (LHC) a la madurez sexual (Lemos-Espinal *et al.*, 1998). Algunos estudios sugieren que *Sceloporus grammicus* podría ser un complejo de especies cromosómicas, observándose al menos 8 citotipos o razas cromosómicas y diversos puntos de contacto parapatrico; debido probablemente a las presiones ambientales que actúan sobre el complejo a lo largo de su gran distribución geográfica,

que va desde el sur de Texas hasta el Istmo de Tehuantepec (Arévalo *et al.* 1993; Marshall y Sites 2001).

JUSTIFICACION

A la fecha se han realizado diversos estudios sobre reproducción de varias poblaciones del complejo *S. grammicus* (Guillette, 1980; Ramírez-Bautista *et al.*, 2004; Jiménez-Cruz *et al.*, 2005). Sin embargo, estos trabajos se realizaron con poblaciones de la Altiplanicie Mexicana y de Montañas del Eje Neovolcánico (Guillette, 1980; Ortega y Barbault, 1984; Guillette y Bearce, 1986), pero en la actualidad no se cuenta con estudios sobre reproducción para el sureste de su área de distribución. Por lo que, este estudio se enfoca en contestar algunas preguntas sobre las características reproductivas en una población de *S. grammicus* la cual se encuentra localizada en Santiago Comaltepec perteneciente a la Sierra Norte del estado de Oaxaca, México, así como contrastar ésta con otras poblaciones de esta especie (Ramírez-Bautista *et al.*, 2004; Maciel-Mata, 2005; Jiménez-Cruz *et al.*, 2005)

OBJETIVO GENERAL

Evaluar algunas características morfológicas y reproductivas de una población de *Sceloporus grammicus* de la zona norte del estado de Oaxaca, México.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar la longitud hocico-cloaca (LHC) mínima a la madurez sexual de las hembras y de los machos de esta población.
2. Comparar las características morfológicas de ancho de la cabeza (AC), largo de la cabeza (LC), largo de la tibia (LT) y largo del antebrazo (LA) entre machos y hembras adultos.
3. Establecer el ciclo reproductivo de machos y hembras.
4. Determinar la relación de los factores ambientales (temperatura, precipitación y fotoperiodo) con la actividad reproductiva de los machos y las hembras.
5. Establecer el ciclo del hígado y de los cuerpos grasos de los machos y de las hembras y analizar su posible relación con la actividad gonádica.
6. Determinar el tamaño de la camada.
7. Conocer si existe relación entre el tamaño de la camada y la longitud hocico-cloaca de las hembras.
8. Comparar las características reproductivas (LHC mínima a la madurez sexual, tamaño de la camada) de este estudio con poblaciones previamente estudiadas.

ÁREA DE ESTUDIO

Oaxaca

El estado de Oaxaca es el quinto estado más grande de la República Mexicana, con una superficie de 95 mil 364 km²; lo que representa el 4.8% del total del país. Por su conformación política, económica y social, Oaxaca cuenta con 8 regiones geoeconómicas: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles centrales. La región de la Sierra Norte tiene 19,382 km² de superficie, esta región es de gran importancia por la gran diversidad de ambientes interconectados debido a su compleja fisiografía (SAGARPA, 2005). El sitio de muestreo (Fig. 1) corresponde a la localidad de Santiago Comaltepec (17° 35' N y 96° 34' O) la cual se encuentra en la región de la Sierra Norte con una altitud de 1950 msnm (INEGI, 2005).

Clima

Oaxaca presenta gran variedad climática debido a su topografía. En su territorio se encuentran climas cálidos, semicálidos, templados, semifríos, semisecos y secos.

Santiago Comaltepec presenta un clima templado húmedo con lluvias intensas en verano que compensan la sequía del invierno, con precipitación del mes más seco inferior a 40 mm, un porcentaje de lluvia invernal menor del 5% con una temperatura anual entre 12°-18° C representado como: C(m)(w)b(i´)g (García, 1983).

Vegetación

La vegetación se encuentra compuesta de bosque de coníferas, pino-encino, como vegetación primaria reducido a vegetación secundaria en los alrededores de los poblados. Las especies más representativas son *Pinus oocarpa*, *Quercus cracifolia* y *Quercus sp.* (Rzedowski, 1978).



Fig 1. * Santiago Comaltepec. Ubicación geográfica de la zona de estudio en el estado de Oaxaca.

METODOLOGÍA

Los organismos de *Sceloporus grammicus* que se usaron en este estudio fueron obtenidos de las colecciones científicas del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias (MZFC) y de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles (CNAR) del Instituto de Biología, ambas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Los ejemplares fueron colectados entre los años de 1982 y 1995 en el estado de Oaxaca

Trabajo de laboratorio

Se analizaron 125 organismos. A estos individuos se les consideraron las siguientes características morfológicas: longitud hocico-cloaca (LHC), largo del antebrazo (LA), largo de la tibia (LT), largo (LC) y ancho (AC) de la cabeza, medidas con un vernier con una precisión de 0.1 mm. El peso de la lagartija se registró mediante el uso de una Pesola con precisión de 0.1 g; se tomó en cuenta el peso de las gónadas para ambos sexos, así como el peso del hígado y de los cuerpos grasos en una balanza analítica con precisión de 0.0001g. Para las hembras, se registró también la presencia de folículos vitelogénicos (FV), folículos no vitelogénicos (FNV) y embriones representados como “H” (Ramírez-Bautista *et al.*, 2002).

Análisis de reproducción

Machos y hembras

Para conocer la LHC mínima a la madurez sexual (LHCmms) se tomó al macho más pequeño que presentó los testículos agrandados y los túbulos seminíferos en zigzag, lo cual indica que está en actividad reproductiva (Goldberg y Lowe, 1966). Mientras

que la hembra con la LHC mínima a la madurez sexual fue la de talla corporal más pequeña que presentó FV o embriones (Ramírez-Bautista *et al.*, 2000, 2002).

Los parámetros morfológicos LA, LT, LC y AC se compararon entre los machos y las hembras para saber si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre los sexos, mediante el uso de una prueba-*U* de Mann-Whitney (Ramírez-Bautista *et al.*, 2002).

El ciclo reproductivo de los machos y las hembras se representó por medio del peso de las gónadas, el cual fue usado como indicador de la actividad reproductiva (Ramírez-Bautista y Vitt, 1997; Ramírez-Bautista *et al.*, 2000, 2002).

Debido a que la masa de los órganos puede variar con la talla de las lagartijas, los datos de la LHC, peso de las gónadas, peso del hígado y de los cuerpos grasos se transformaron a \log_{10} para realizar una correlación entre la LHC y las variables indicadas. Si esta correlación resultó positivamente significativa, indica que la LHC tiene efecto sobre las variables mencionadas (Schulte-Hostedde *et al.*, 2005). De las regresiones significativas se utilizaron los residuales de la masa del órgano sobre la LHC para tener las variables ajustadas a la talla y retener la variación debida a factores externos (Ramírez-Bautista *et al.*, 2000, 2002). Se usaron estos residuales para describir el ciclo del hígado, cuerpos grasos y el reproductivo para ambos sexos. Mediante una prueba de ANOVA se observaron variaciones significativas entre los meses, en el caso de las regresiones que no resultaron significativas se realizó una prueba de ANOVA sobre el \log_{10} de los órganos (cuerpos grasos, hígado y masa gonádica.)

Se utilizó una regresión lineal simple (Ramírez-Bautista *et al.*, 2002) para determinar si la precipitación, temperatura (García, 1983) y fotoperíodo (Almanaque Astronómico del Mundo) presentaron alguna relación con la actividad reproductiva. Del

mismo modo se realizó una regresión simple para determinar la relación entre los ciclos del hígado y cuerpos grasos, de ambos sexos con la actividad gonádica (Ramírez-Bautista *et al.*, 2002).

Para conocer el tamaño de la camada, se contaron el número de folículos vitelogénicos (FV) y embriones (H) por separado, posteriormente se empleo una prueba-U de Mann-Whitney para comparar el número promedio de los FV y los H. Si el tamaño promedio de cada grupo era estadísticamente diferente, entonces se toman por separado, pero si fueron estadísticamente similares, éstos (FV y H) se juntaron para tomar el promedio de la camada. (Valdez-González y Ramírez-Bautista, 2002). Para establecer el efecto de la LHC sobre el tamaño de la camada se realizó una regresión lineal simple.

Se compararon algunas características reproductivas y morfológicas (periodo de la actividad reproductiva, tamaño de camada, LHC y la LHCmms) de las hembras de este trabajo con las estudiadas en Laguna, Paredón, Michilia, el sur de Texas, Parque Nacional Zoquiapan (PNZ), Monte Alegre, Ajusco (MAA), Pedregal San Angel (PSA), Cantimplora (CA), Teotihuacan (Ramirez-Bautista, *et al.*, 2004) y Pachuca (Maciel-Mata, 2005).

Todos los análisis estadísticos se realizaron en una versión para Windows de StatView IV (Abacus Concepts, Inc., Berkley, CA, 1992).

RESULTADOS

De los 125 organismos solo se utilizaron 113 individuos, de los cuales 76 son hembras y 37 machos adultos. La población de *Sceloporus grammicus* en Santiago Comaltepec varió en su LHC entre 44 y 70 mm. El intervalo de la LHC para los machos considerados sexualmente maduros fue de 46-70 mm ($x = 58.136 \pm 1.433$ mm, $N = 37$), mientras que en las hembras fue de 45-68 mm ($x = 57.362 \pm 0.847$ mm, $N = 76$). Los machos y las hembras adultos fueron similares en la LHC (Prueba de U de Mann-Whitney; Cuadro 1).

Mediante la prueba- U de Mann-Whitney, se observó que los machos y las hembras fueron similares en las estructuras morfológicas de LC, AC, LA, LT (mm), y Peso (g; Cuadro 1; $P > 0.05$, en todos los casos).

| Característica | Machos (mm) | Hembras (mm) | Z | P |
|----------------|--------------------|--------------------|--------|--------|
| LHC | 58.136 ± 1.433 | 57.362 ± 0.847 | -0.499 | -0.478 |
| LC | 15.120 ± 0.538 | 14.233 ± 0.336 | -1.168 | 0.242 |
| AC | 12.540 ± 0.487 | 11.970 ± 0.276 | -2.356 | 0.438 |
| LA | 9.750 ± 0.264 | 9.411 ± 0.134 | -1.049 | 0.294 |
| LT | 12.913 ± 0.606 | 11.526 ± 0.394 | -1.864 | 0.062 |
| Peso (gr.) | 6.590 ± 0.485 | 6.069 ± 0.289 | -0.118 | -0.906 |

Cuadro 1. Representa las diferencias morfológicas entre machos ($N = 37$) y hembras ($N = 76$) adultos de *S. grammicus* mediante la prueba- U de Mann-Whitney.

Ciclo reproductivo

Machos

La regresión lineal simple del \log_{10} de la LHC y el \log_{10} del peso total de la gónada, presentó una relación positiva significativa de la LHC sobre el \log_{10} peso de la gónada ($r^2 = 0.456$, $F_{1, 37} = 30.969$, $P < 0.005$) La prueba de ANOVA sobre los residuales de la regresión lineal determinó la existencia de variaciones significativas en el peso de las gónadas de los machos entre los meses ($F_{6, 32} = 6.407$, $P < 0.005$). Los testículos muestran un incremento en la masa gonádica en el mes de agosto, alcanzando su pico máximo en el mes de septiembre, con un decremento en noviembre. Se observa un aumento en la masa de la gónada para el mes de abril, donde decrece nuevamente para alcanzar el valor mínimo en el mes de julio (Fig. 2).

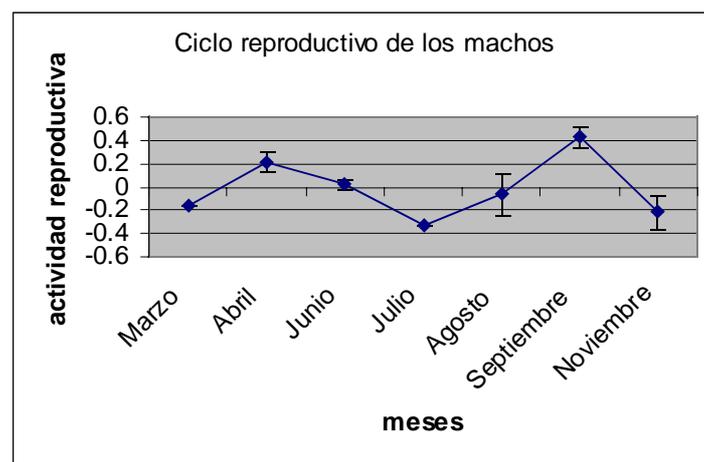


Fig. 2. Ciclo testicular representada por la media de la masa gonádica de *Sceloporus grammicus* de Oaxaca.

La actividad de la masa gonádica de los machos se correlaciono con los cuerpos grasos ($r^2 = 0.115$, $F_{1, 35} = 4.540$, $P < 0.05$) así como con el hígado ($r^2 = 0.238$, $F_{1,35} = 10.910$, $P < 0.05$), pero no se observó relación entre la masa testicular y la temperatura ($r^2 = 0.137$, $F_{1, 5} = 0.794$, $P = 0.413$), fotoperíodo ($r^2 = 0.001$, $F_{1, 5} = 0.007$, $P = 0.936$) o precipitación ($r^2 = 0.008$, $F_{1, 5} = 0.041$, $P = 0.846$).

Cuerpos grasos

La regresión lineal simple entre el \log_{10} peso del cuerpo graso y el \log_{10} LHC mostró relación significativa ($r^2 = 0.165$, $F_{1, 38} = 7.485$, $P < 0.005$). La ANOVA de los residuales de la regresión lineal del \log_{10} peso del cuerpo graso no mostró diferencias significativas entre los meses ($F_{6, 33} = 1.277$, $P = 0.2948$). Indicando así valores aparentemente constantes del peso de los cuerpos grasos entre los meses del año (Fig.3).

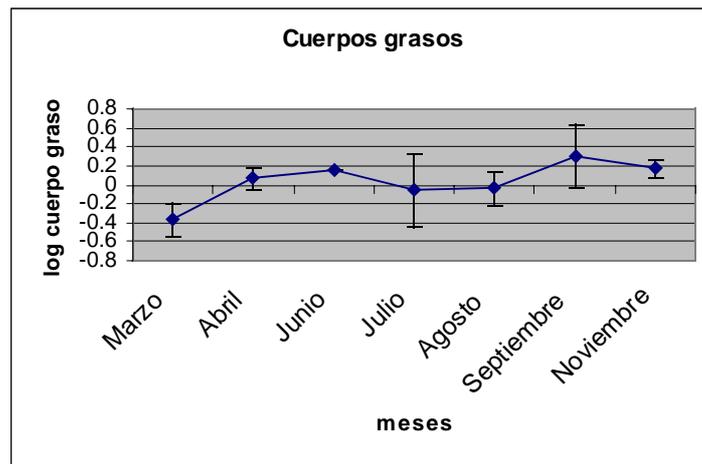


Fig. 3. Representa el promedio mensual de la masa de los cuerpos grasos de los machos de *Sceloporus grammicus* de Oaxaca.

Hígado

La regresión lineal simple sobre el \log_{10} del peso del hígado y el \log_{10} LHC mostró una relación significativa entre los factores ($r^2 = 0.491$, $F_{1, 38} = 36.707$, $P < 0.005$). La ANOVA sobre los residuales de la regresión lineal mostró diferencias significativas entre los meses ($F_{6, 33} = 5.191$, $P < 0.005$). Se observa el valor más pequeño durante el mes de junio, incrementándose en agosto, y teniendo un decremento en septiembre, incrementándose nuevamente en el mes de noviembre, para decrecer nuevamente en marzo presentándose un incremento significativo en abril donde alcanza el valor máximo y decrece nuevamente en junio (Fig. 4).

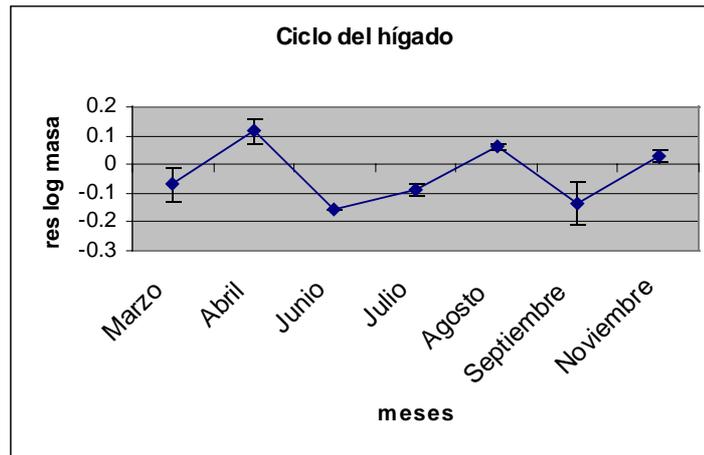


Fig. 4. Representa el promedio mensual de la masa del hígado de los machos de *Sceloporus grammicus* de Oaxaca.

Hembras

La regresión lineal simple no mostró relación significativa entre el Log_{10} peso de la gónada y $\text{log}_{10}\text{LHC}$ ($r^2 = 0.034$, $F_{1, 71} = 2.513$, $P = 0.1173$). La prueba de ANOVA del Log_{10} peso de la masa gonádica encontró diferencias significativas entre los meses ($F_{6, 66} = 0.4727$, $P < 0.005$) de marzo-agosto, julio-agosto y agosto-noviembre. Se observa el valor mínimo en el mes de agosto, incrementándose significativamente en octubre, pero entre los meses de noviembre a marzo no se observan diferencias, estos valores decrecen significativamente en el mes de abril donde se observa la aparición de crías (Fig. 5).

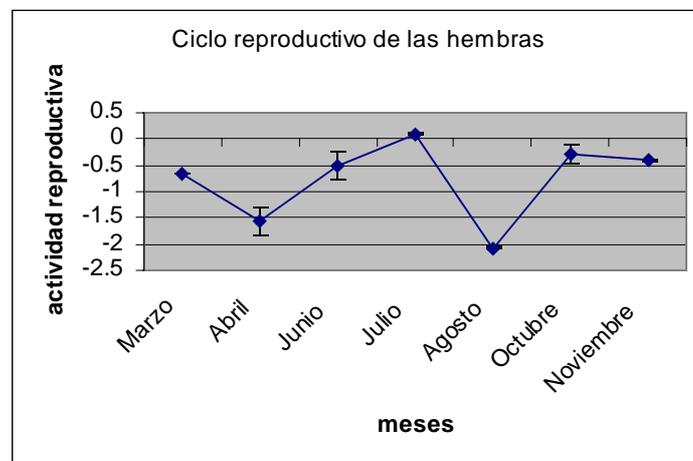


Fig. 5. Representa la actividad reproductiva de las hembras de *Sceloporus grammicus* de Oaxaca.

Se observó una relación significativa entre la masa gonádica de las hembras y los cuerpos grasos ($r^2 = 0.292$, $F_{1, 23} = 9.508$, $P < 0.05$), pero no se observa relación entre la masa y el hígado ($r^2 = 0.081$, $F_{1, 23} = 2.015$, $P = 0.169$). En cuanto a los factores ambientales se observó una relación entre la masa gonádica con la temperatura ($r^2 = 0.569$, $F_{1, 5} = 6.610$, $P < 0.05$), así mismo se observó una relación significativa entre la masa y la precipitación ($r^2 = 0.681$, $F_{1, 5} = 10.672$, $P < 0.05$) pero no con el fotoperiodo ($r^2 = 0.017$, $F_{1, 5} = 0.085$, $P = 0.782$).

Cuerpos grasos

Se encontró una relación significativa entre \log_{10} Peso de los cuerpos grasos y el \log_{10} LHC ($r^2 = 0.098$, $F_{1, 76} = 8.237$, $P < 0.005$). La prueba de ANOVA sobre los residuales de la regresión para el \log_{10} Peso del cuerpo graso mostró diferencias significativas entre los meses ($F_{6, 71} = 6.298$, $P < 0.005$). Se observa el valor más pequeño durante marzo con un incremento significativo hacia el mes de abril, incrementándose una vez más para alcanzar el valor máximo en junio, decreciendo en el mes de julio con un ligero aumento para agosto y decreciendo nuevamente en el mes de octubre, manteniéndose constante en el mes de noviembre, para decrecer significativamente en marzo (Fig. 6).

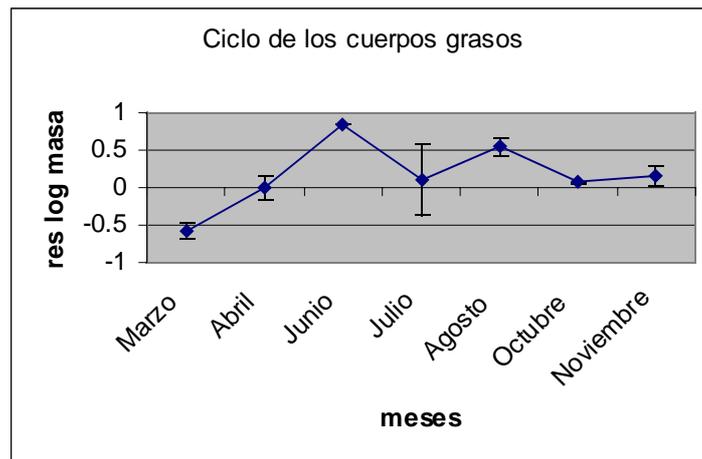


Fig. 6. Representa el promedio mensual de la masa de los cuerpos grasos en las hembras de *Sceloporus grammicus* de Oaxaca.

Hígado

Se encontró un efecto significativo entre el \log_{10} peso del hígado y el \log_{10} LHC de la hembra ($r^2 = 0.356$, $F_{1,76} = 43.615$, $P < 0.005$). La ANOVA en los residuales de la regresión lineal presentó diferencias significativas entre los meses ($F_{6,71} = 7.188$, $P < 0.005$). El valor mínimo se presentó en el mes de octubre y se incrementa ligeramente en noviembre, decreciendo nuevamente para el mes de marzo, los valores se incrementan significativamente para abril, y nuevamente para junio, alcanzando el valor máximo el cual decrece en julio para incrementarse en agosto y decreciendo significativamente para octubre (Fig. 7).

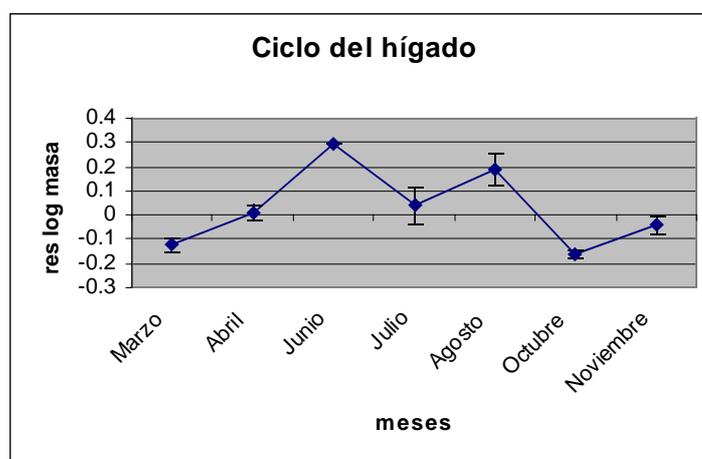


Fig. 7. Representa el promedio mensual de la masa del hígado de las hembras de *Sceloporus grammicus* de Oaxaca.

Desarrollo folicular

Para el mes de marzo los FNV representaron el 30% ($N = 6$), los FV el 10% ($N = 2$) y los H el 60% ($N = 12$); en abril los FNV estuvo representado por el 72% ($N = 16$) y los H el 28% ($N = 6$); en junio sólo se encontró un FV; en julio se encontraron 4 H el 100%; en agosto los FNV alcanzaron el 83% ($N = 10$) y los FV el 17% ($N = 2$); en octubre se encontró un FV; noviembre presentó 5 FNV, representando el 36% y 9 H con el 64% (Fig. 8).

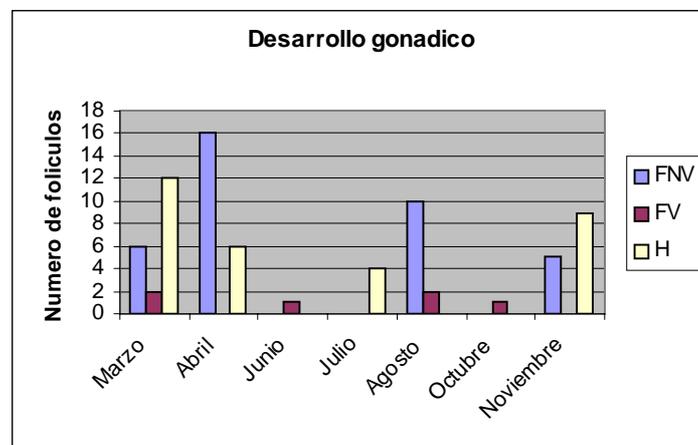


Fig.8. Muestra los estadios foliculares encontrados en las hembras de *S. grammicus* de Oaxaca.

Tamaño de la camada

Debido a que no se encontraron diferencias significativas entre el numero de los FV (4.8 ± 0.165 mm, $N = 10$) y de H (4.9 ± 0.20 crías, $N = 31$; prueba-U de Mann-Whitney, $Z = -0.758$, $P = 0.4483$), el tamaño de la camada se tomó mediante el conteo de los FV y H, obteniéndose un promedio de 4.9 ± 0.156 crías (3-7 crías). Se aplicó una regresión lineal simple entre el tamaño de la camada y la LHC de la hembra, encontrando una relación significativa entre estas variables ($r^2=0.096$, $F_{1, 40}= 4.263$, $P < 0.05$; Fig. 9).

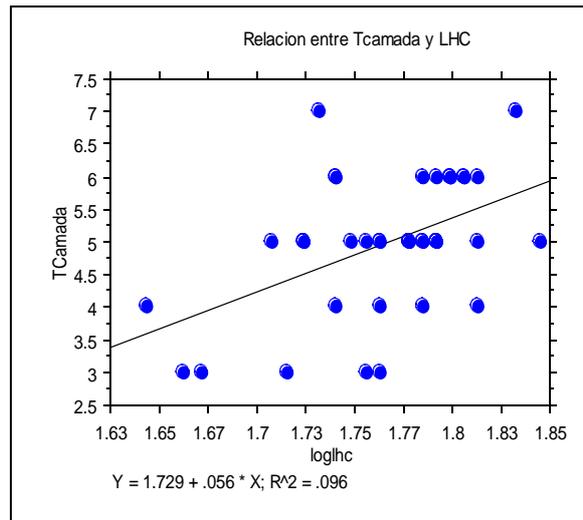


Fig. 9. Relación entre el tamaño de la camada y la LHC de la hembra de *S. grammicus* de Oaxaca.

Diferencias entre la población de *Sceloporus grammicus* de Santiago Comaltepec, Oaxaca y otros estudios

La LHC promedio de *Sceloporus grammicus* en Santiago Comaltepec, se estimó en 57.3 ± 0.8 mm, siendo éste el mayor tamaño para las 12 poblaciones en comparación, seguido de Teotihuacan (55.2 ± 0.45 mm) y Pedregal San Ángel (53.04 ± 0.5 mm), (Cuadro 2).

La LHC mínima a la madurez sexual fue similar a la de la Michilia y Teotihuacan con 44mm, siendo éstos los valores más altos, seguidos PNZ que presenta una talla a la madurez sexual de 42.3 mm; PSA, Pachuca, Laguna, Paredón, MAA y Capulín presentan valores entre los 37-40 mm siendo CA la población con el valor mas pequeño presentando 34 mm mínima a la madurez sexual. (Cuadro 2).

El ciclo reproductivo de la población de estudio tiene una duración de 9 meses, de agosto a abril, siendo menor que la del PSA y Cantimplora (12 meses), Texas y Parque Nacional Zoquiapan (PNZ) (11 meses) y que la de Laguna, Paredón, Michilia (10 meses), de esta forma la población de Santiago Comaltepec presenta el ciclo

reproductivo más corto, pero más largo que la población de Tehuacan, el cual presenta un ciclo reproductivo de 7 meses (Cuadro 2).

Con respecto al tamaño de la camada (4.9 ± 0.15 crías), la población de Santiago Comaltepec tiene una mayor similitud con Teotihuacan (5.09 ± 0.24 crías), ambos por debajo de la de la Michilia (6.2 ± 1.7 crías), Texas (5.4 ± 0.06 crías), PSA (5.3 ± 0.19 crías), PNZ (5.2 ± 0.25 crías), Pachuca (5.1 ± 0.2 crías), y con valores superiores a la población del Capulín (3.72 ± 0.14 crías), CA (3.7 ± 0.17 crías), Laguna (3.64 ± 0.09 crías), MAA (3.51 ± 0.16 crías), y la del Paredón con el menor tamaño de camada (3.31 ± 0.13 crías; Cuadro 2). En todas las poblaciones se presenta una relación entre el TC y la LHC de la madre.

| Población | Laguna ¹ | Paredon ¹ | Michila ¹ | Texas ¹ | PNZ ¹ | MAA ¹ | Capulín ¹ | PSA ¹ | CA ¹ | Teotihuacán ¹ | Pachuca ² | Oaxaca ³ |
|---------------|---------------------|----------------------|----------------------|--------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|---------------------|
| Vitelogénesis | ago-sep | ago-sep | ago-dic | jul-sep | jul-sep | jul-sep | jul-sep | may-ago | may-jul | oct-nov | ago-oct | ago-oct |
| Ovulación | octubre | octubre | enero | oct-nov | sep | oct-nov | oct-nov | sep | sep | nov | oct | oct |
| Gestación | oct-may | oct-may | ene-may | nov-may | sep-may | nov-abril | nov-abril | sep-abril | oct-may | nov-abril | oct-may | nov-abril |
| T camada | 3.64± 0.09 | 3.31± 0.13 | 6.2± 1.7 | 5.4± 0.06 | 5.2± 0.25 | 3.51± 0.16 | 3.72± 0.14 | 5.3± 0.19 | 3.7± | 5.09± 0.24 | 5.1± 0.2 | 4.97± |
| Rango | 2-5 | 2-4 | 3-9 | 3-7 | 3-7 | 2-6 | 2-6 | 2-11 | 0.17 | 2-6 | 2-8 | 3-7 |
| LHC (mm) | | | | | 48.5±0.07 | 48.8±0.61 | 44.5±0.6 | 53.04± 0.5 | 45.01± | 55.2 ± 0.45 | 51.5± 0.6 | 57.28± |
| M sex (mm) | 39-52 | 39.2-50 | 44-60 | | 42.3-61.2 | 37.9-54 | 38.6-50 | 40-62 | 0.32 | 34-55 | 44.1-72.3 | 40-67 |
| N | 67 | 54 | 46 | 21 | 48 | 54 | 60 | 24 | 26 | 62 | 43 | 76 |
| Precipitación | 1187.5 | 1187.5 | 576 | 423.8 | 1169.3 | 1340 | 1340 | 840 | 790.5 | 559.6 | 386.8 | 1892.9 |
| Altitud (m) | 3700 | 4400 | 2480 | | 2000-3200 | 3200 | 3400 | 2400 | 3300 | 2200 | 2435 | 1950 |

Cuadro 2. El cuadro presenta algunas características reproductivas de las hembras de diferentes poblaciones del complejo *S. grammicus* así como la altitud y precipitación.

M sex = representa la longitud hocico cloaca minima y maxima de los individuos adultos.

N = presenta el tamaño de la muestra.

1. Ramirez-Bautista, *et. al.* 2004.

2. Maciel-Mata, 2005.

3. Presente estudio.

DISCUSIÓN

Reproducción

De acuerdo con las diferencias observadas en la masa gonádica para ambos sexos de la población de *Sceloporus grammicus* en la sierra norte de Oaxaca, se pueden describir periodos de actividad reproductiva así como periodos de inactividad o quiescencia, lo que muestra una discontinuidad en el ciclo reproductivo, común para las especies vivíparas (Marion, 1982).

La reproducción en *Sceloporus grammicus* está caracterizada por un ciclo reproductivo otoñal (Guillete y Casas-Andreu, 1980; Ortega y Barbault, 1984; Méndez-De la Cruz *et al.*, 1988), al igual que otras especies vivíparas de montaña (Goldberg, 1971), aunque este tipo de reproducción no es exclusivo de las zonas templadas, también se presenta en las tierras bajas (Guillete y Bearce, 1986). En esta población de montaña de *S. grammicus* se presenta la gametogénesis en los machos de agosto a septiembre y en hembras de agosto a octubre, con apareamiento durante el otoño, observándose una actividad reproductiva que podría ser considerada como sincrónica, similar a lo observado (Gillette y Bearce, 1986) para organismos de Texas y Tamaulipas, las cuales son de baja altitud, así como para poblaciones de Durango a 2480 msnm, ésto sugiere que ambos sexos tienen respuestas similares a los estímulos ambientales (Ortega y Barbault, 1984). Otras poblaciones presentan en general una actividad reproductiva otoñal asincrónica, donde la actividad reproductiva testicular se presenta durante la primavera (Marzo, Abril, Mayo y Junio) y la actividad ovárica se observa en otoño (Septiembre, Octubre y Noviembre) (Guillete y Casas-Andreu, 1980; Lemos-Espinal *et al.*, 1995).

En el caso de Santiago Comaltepec se observan los nacimientos a partir de abril, con una prolongación hasta el mes de junio, concordando estos con el régimen de lluvias de esta región, el cual se presenta durante el verano. De este modo el ciclo reproductivo otoñal puede ofrecer una ventaja mayor en la supervivencia de las hembras al estar inactivas durante el invierno, periodo donde disminuye la disponibilidad de alimento, así como la posibilidad de que las crías nazcan en la primavera siguiente y puedan aprovechar la abundancia de recursos asociada con la llegada de las lluvias en el verano (Maciel-Mata, 2005; Ramírez-Bautista *et. al.*, 1998, 2002).

Machos

Factores ambientales

La actividad gonádica de los machos en el presente estudio no muestra estar relacionada con la temperatura, el fotoperiodo o la precipitación. A pesar de que no hay evidencia de que el fotoperiodo afecte la actividad testicular en *S. undulatus* (Marion, 1982), así como la precipitación tampoco muestra estar relacionada con el ciclo testicular al igual que *Anolis nebulosus* (Ramírez-Bautista y Vitt, 1997), *S. mucronatus* (Méndez-De la Cruz *et al.*, 1988) y *S. jarrovii* (Ramírez-Bautista *et al.*, 2002), se ha observado que los factores ambientales juegan un papel importante en la reproducción de otras especies (Ramírez-Bautista *et al.*, 2002). Se ha observado en *S. mucronatus* (Méndez-De la Cruz *et al.*, 1988) que la actividad testicular puede estar potencialmente influenciada por el fotoperiodo y la temperatura mediante una compleja interacción entre ambos, del mismo modo en *Anolis carolinensis*, el factor principal para el desarrollo testicular es la temperatura (Licht, 1967), mientras que en *Urosaurus bicarinatus* (Ramírez-Bautista y Vitt, 1998) el fotoperiodo es el factor principal para la recrudescencia testicular.

Cuerpos grasos e hígado

Aunque aparentemente existe una relación entre los cuerpos grasos y la actividad testicular, en este estudio, la actividad que se observa en el cuerpo graso no parece disminuir durante los puntos de máxima actividad testicular, sino al contrario éste parece incrementarse alcanzando su valor máximo en septiembre cuando el testículo presenta su máximo pico en actividad, lo que sugiere que el cuerpo graso no está participando activamente en la actividad gonádica de los machos en esta población como se observa en *S. grammicus* (Maciel-Mata, 2005), *S. mucronatus* (Méndez-De la Cruz *et al.*, 1988) y *S. jarrovii* (Goldberg, 1972) a pesar de esto los cuerpos grasos si se ven disminuidos significativamente de noviembre a marzo, lo que sugiere su uso para la supervivencia de los organismos en el invierno (Goldberg, 1972).

Con respecto al ciclo del hígado, este presentó una relación con el ciclo gonádico de los macho, mostrándose en el mes de septiembre un decremento significativo en su masa, mes en el cual se observa la mayor actividad gonádica, lo que sugiere el uso del hígado durante la actividad testicular como se ha visto para *A. nebulosus* (Ramírez-Bautista y Vitt, 1997) y *S. jarrovii* (Ramírez-Bautista *et al.*, 2002). Se ha observado que el hígado puede ser utilizado como fuente de energía mediante la producción de glicógeno el cual es usado durante el invierno y en la temporada reproductiva en *A. carolinensis*, cuyo ciclo se menciona que es similar al de *S. jarrovii* (Goldberg, 1972).

Hembras

Factores ambientales

Los factores ambientales parecen estar relacionados con la actividad reproductiva de las hembras de esta población de *S. grammicus*. Se observa una relación significativa con la temperatura y la precipitación pero no se observa relación con el fotoperiodo.

La población de Oaxaca de *S. grammicus* presenta un comportamiento semejante a *S. undulatus*, el cual es sensible a la disminución en la temperatura, iniciando la vitelogénesis a mediados del invierno, pero no presenta relación con el fotoperiodo (Marion, 1982) y a *S. jarrovi* el cual tampoco muestra estar relacionado con el fotoperiodo (Ramírez-Bautista, *et al.*, 2002). Este comportamiento para ambas especies refirma lo presentado por Licht (1967), el cual menciona que las respuestas al fotoperiodo pueden ser abolidas por una disminución en la temperatura corporal.

Se observó una relación significativa con la precipitación y el ciclo gonádico como sucede en otras poblaciones de *S. grammicus* (Maciel-Mata, 2005), así como en *S. torquatus* (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993), la precipitación parece jugar un papel importante en la reproducción de las hembras (Marion, 1982), principalmente en las que presentan reproducción otoñal puesto que permite a las hembras parir en la primavera-verano cuando la disponibilidad de alimento presenta su máximo pico en abundancia, beneficiando tanto a las crías como a las hembras permitiéndoles una mejor procuración de estos recursos, así como un mayor crecimiento y almacenamiento de energía (Goldberg, 1972; Guillette y Bearce, 1986).

Cuerpos grasos e hígado

Se observa una relación significativa entre el ciclo de los cuerpos grasos y el ciclo gonádico, aunque se esperaría que esta fuese negativa (debido al consumo de energía durante la actividad reproductiva) si se observa en el comportamiento de los cuerpos grasos, disminuye significativamente durante el pico más alto del ciclo gonádico, lo que muestra el uso intensivo de los cuerpos grasos durante esta temporada al ser utilizados para la vitelogenénesis a pesar de que el alimento durante esta temporada es abundante, el extensivo uso de los cuerpos grasos como almacén de energía es de gran desventaja para las hembras por la cercanía al invierno, aunque se observa un almacenamiento de energía en forma de cuerpos grasos previo al otoño (Goldberg, 1972). Debido a la movilización de lípidos durante la vitelogenénesis y su uso durante el invierno, los cuerpos grasos juegan un papel muy importante en el ciclo reproductivo de las hembras sobre todo en las zonas templadas (Ho *et al.*, 1982).

A pesar de que las pruebas estadísticas no reflejan en general una relación directa entre el ciclo gonádico y el ciclo del hígado de esta población, se observan diferencias significativas entre los valores de agosto y octubre para el ciclo del hígado a la inversa de lo que sucede en el ciclo gonádico concordando con el comportamiento del hígado. Se indica para *S. jarrovi* que el hígado actúa activamente en la vitelogenénesis, mostrando un crecimiento previo a la depositación de vítelo, posterior al crecimiento de los cuerpos grasos, lo cual sugiere que el movimiento de los lípidos va de los cuerpos grasos al hígado (Goldberg, 1972), además de que se sabe que el estrógeno es el estímulo principal para la vitelogenénesis y que este induce la hipertrofia en el hígado así como cambios en la estructura hepática (Ho, *et al.*, 1982). Esta variabilidad en el ciclo hepático con un decremento en la temporada reproductiva se observa también tanto en

S. h. horridus como en *S. s. spinosus* (Valdez-González, 1998), asimismo, se presenta una relación clara entre el hígado y la gónadas para otras especies como es el caso de *A. nebulosus* (Ramírez-Bautista y Vitt, 1997), *S. jarrovii* (Ramírez-Bautista *et al.*, 2002) y para la población de *S. grammicus* en Pachuca, Hidalgo (Maciel-Mata, 2005).

Tamaño de la camada

El tamaño de la camada para esta población de *S. grammicus* se determinó en 4.9 ± 0.156 crías (3-7), el cual se relacionó con la LHC de las hembras, concordando ésto con las observaciones de otros autores para otras poblaciones de *S. grammicus* (Guillete y Casas-Andreu, 1980; Ortega y Barbault, 1984; Guillete y Bearce, 1986; Lemos-Espinal *et al.* 1998; Ramírez-Bautista *et al.*, 2004; Maciel-Mata, 2005). Se presume que existe una tendencia a través de la selección natural en las lagartijas de diferentes especies o poblaciones a evolucionar en un tamaño de camada óptimo para su supervivencia. Así la producción de la descendencia debe de ser suficiente para compensar los factores normales de mortalidad pero por el contrario una sobreproducción es desventajoso y muchas veces se selecciona en contra de ésta de varias formas (Fitch, 1985). Cuando los recursos son abundantes la selección natural puede favorecer una mayor producción de descendencia aún y si las crías son de menor tamaño, así la competencia es baja y los organismos pueden madurar rápidamente (selección-r), siendo la mortalidad otro poderoso factor de selección para el número de descendencia si no es selectivo para con el tamaño. Por el contrario si los recursos son limitados la competencia entre la descendencia aumenta importantemente, así las crías mas grandes y competitivas tienen ventaja, en este caso la selección favorece un incremento en la talla de la descendencia (selección-k). Estos intercambios energéticos no sólo están influenciados por el ambiente sino que se presentan también escenarios

evolutivos (Pianka y Vitt, 2003). De esta forma se podría pensar que las poblaciones de las especies con una amplia distribución geográfica, tendrían diferentes tamaños de camada en diferentes regiones. A pesar de esto, las variaciones en TC de un año a otro parecen ser un rasgo común, lo que dificulta distinguir si las variaciones en el tamaño de la camada entre diferentes poblaciones se debe a la variación geografía o a los factores locales (Fitch, 1985). Se observa que en las especies con una sola camada del género *Sceloporus*, las hembras tienden a ser más grandes, esto no se presenta en *S. grammicus* (Fitch, 1978), pero se ha observado una relación del tamaño de la camada con la LHC de la hembra donde el tamaño de la camada está en función de la LHC (Guillete y Casas-Andreu, 1980; Ramírez-Bautista *et al.*, 2004; Maciel-Mata, 2005), como parte de la estrategia reproductiva, esto aunado a la habilidad de la lagartija para cargar este peso extra, juega un importante papel en la probabilidad de que la lagartija escape de los posibles depredadores. Esto puede ser un factor más en la selección hacia tallas mayores en las hembras (Vitt y Price, 1982).

Características morfológicas

La mayoría de las especies de *Sceloporus* exhiben un pronunciado dimorfismo sexual, ya sea en comportamiento, coloración o talla corporal, este último es muy importante debido a que en las hembras favorece a un mayor tamaño de camada y en los machos a un mejor mantenimiento de su territorio (Ramírez-Bautista *et al.*, 2004). Se ha sugerido el dimorfismo sexual considerando las características morfológicas para algunas poblaciones de *S. grammicus* (Ramírez-Bautista *et al.*, 2004). En la población de *S. grammicus* del norte de Oaxaca, no se encontraron diferencias significativas en la LHC y tampoco en otras características morfológicas (AC, LC, LT, LF) entre los machos y las hembras. Se ha reportado que en *S. grammicus*, ambos sexos son

equivalentes en tamaño pero los machos son ligeramente más grandes que las hembras lo que se observa también para *S. pictus* y *S. megalepidurus* (Fitch, 1978), este es el caso para la población de Pachuca (Maciel-Mata, 2005). En general, las hembras del género *Sceloporus* tienden a tener mayor talla que los machos, excepto en los grupos donde los machos presentan rivalidad (Fitch, 1978), en el caso de la población del presente estudio al igual que en otras poblaciones se presentan diferencias en la LHC y otras características morfológicas (Maciel-Mata, 2005; Fitch, 1978). La existencia de una marcada territorialidad en los machos puede ser un factor que influya para un mayor crecimiento corporal mientras que la relación presente entre el tamaño de la camada y la LHC de las hembras promueven la selección hacia tallas corporales mayores, lo que podría influir en que no se presentan diferencias en la LHC y otras características morfológicas (Maciel-Mata, 2005).

Por otra parte, al no existir diferencias significativas en características morfológicas tales como LC, AC, LA y LT entre machos y hembras de *S. grammicus* para Oaxaca, se podría dar la existencia de competencia entre los sexos, puesto que esto sugeriría que las presas potenciales para ambos tendrían el mismo tamaño, y que las preferencias de percha serían similares también (Simon, 1976). Se ha observado en estudios anteriores que a pesar de la similitud en cuanto a la talla de las presas consumidas entre los sexos (*S. h. horridus* y *S. s. spinosus*) se presentan diferencias significativas en cuanto al tipo de presas, siendo las hembras las que registran una mayor variedad (Valdez-González, 1998). Mientras que, en *S. jarrovi* se ha observado que las hembras consumen presas más grandes que los machos de tallas equivalentes así como una repartición temporal del microhabitat entre un macho adulto y hembras fuera de temporada de celo, así como la presencia de juveniles, esto gracias a un uso temporal diferente del hábitat entre los organismos con el solapamiento territorial (Simon, 1976),

disminuyendo la competencia tanto por alimento como por el uso del hábitat (Simon, 1976 Valdez-González, 1998) lo que podría ocurrir de igual forma en *S. grammicus*.

Comparación con características de otros estudios

El periodo reproductivo en la población de Oaxaca es de 9 meses aunque se observa un desfase en algunos nacimientos, esto podría explicarse por la presencia de hembras tardías que alcanzaron a ser fertilizadas por los machos tardíos o que éstas utilizaran esperma almacenado, ésta reproducción tardía podría permitir a las hembras mayor tiempo para el crecimiento corporal y mantenimiento, siendo una ventaja en cuanto a costo reproductivo al utilizar una menor cantidad de energía (Ramírez-Bautista *et al.*, 2004). El periodo de actividad reproductiva en Santiago Comaltepec es más corto que en las otras poblaciones (entre 10 y 13 meses) con excepción de Teotihuacan (7 meses). Los periodos reproductivos cortos están usualmente relacionados con promedios anuales de precipitación, relativamente bajos. Sin embargo Tehuacan presenta un promedio de precipitación mayor al de Pachuca y Texas los cuales presentan ciclos reproductivos mas prolongados, mientras que en Santiago Comaltepec el ciclo reproductivo es corto (9 meses), esta población presenta el mayor promedio de precipitación anual de las poblaciones estudiadas (1892.9 mm.). El periodo de gestación varió entre 5 y 9 meses, pero los nacimientos en todas las poblaciones se observaron entre abril y mayo, presentándose las crías en la estación de mayor abundancia de alimento, concordando así todas las poblaciones con el modelo del ciclo reproductivo otoñal. Las diferencias encontradas entre los periodos de la gestación podrían estar relacionados con la temperatura, pues las poblaciones con las temperaturas más bajas presentan los periodos más largos y viceversa, con excepción de Santiago, Monte Alegre y el Capulín las cuales tienen un periodo de gestación corto

(6 meses) y su temperatura es relativamente baja (entre 12 y 18° C, en el caso de Santiago). Parece que la temperatura no es un factor determinante en estas poblaciones o que este atenuado por otro factor o combinación de factores, como la precipitación (1892.9 mm para Oaxaca, 1340 mm en MAA y el Capulín) siendo estas tres las que presentan la mayor precipitación.

El tamaño de la camada para la población de este estudio fue de 4.9 crías con un intervalo de 3 a 7 crías por hembra. A pesar de que se observa una relación significativa entre TC y la LHC el promedio del TC está por debajo de la población de la Michilia, Texas, PNZ, PSA, Pachuca y Teotihuacan aún cuando la LHC de la población de Santiago es mayor que la de PNZ, PSA, Pachuca y Teotihuacan. Se ha observado que las diferencias en el tamaño de la camada pueden deberse a la disponibilidad de alimento (esto no se observa en el caso de Santiago, pues esta población presenta la mayor precipitación la cual esta directamente relacionada con la disponibilidad de alimento) o a la densidad poblacional (Fitch, 1985; Lemos-Espinal, 1998; Ramírez-Bautista, 2004; Maciel-Mata, 2005). Niewiarowski y Roosenburg (1993) sugieren (*S. undulatus*) que la mezcla entre los factores ambientales y una plasticidad genética podrían ser un medio de fijación en las características de las historias de vida de manera local; por lo que se presentarían diferencias entre las poblaciones en ciertas características como por ejemplo el rango de crecimiento. Pianka y Vitt en el 2003 explican algo similar con la masa de la camada la que permanece generalmente constante a pesar de la diferencia en el tamaño dentro de una especie, por lo que podrían presentarse menores tamaños de camada pero con una descendencia de mayor tamaño. Esto hace necesario el diseño de más estudios en la variación en las estrategias de las historias de vida entre las poblaciones de lagartijas con amplias distribuciones para

eventualmente integrarlos dentro de un contexto filogenético comparativo (Ramírez-Bautista, *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

- La talla mínima a la madurez sexual es de 44 mm y 46 mm en hembras y machos respectivamente.
- No se encontraron diferencias morfométricas entre los sexos.
- La talla promedio para la población es de 57.96 mm (58.136 ± 1.433 en los machos y 57.362 ± 0.847 para las hembras).
- Se observa un ciclo reproductivo otoñal aparentemente sincrónico.
- El ciclo de los cuerpos grasos no parece participar en el ciclo reproductivo de los machos pero si el ciclo del hígado.
- Los cuerpos grasos presentan una relación negativa con el ciclo reproductivo de las hembras, mostrando un posible uso en la vitelogénesis y desarrollo embrionario, aunque no se observa relación entre el hígado y las gónadas.
- El tamaño de la camada es 4.9, el cual está relacionado positivamente con la talla corporal de la hembra.
- Los factores ambientales no muestran influencia en el ciclo reproductivo de los machos, pero la temperatura y la precipitación están relacionados con el ciclo de las hembras.
- Las diferencias encontradas en esta población con relación a lo reportado en otros estudios, pueden deberse probablemente a una interacción entre las influencias locales del ambiente, así como de la variación geográfica en una especie tan ampliamente distribuida como la es *Sceloporus grammicus*.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, E, G. Casas, S. K. Davis, G. Lara y Sites. J. Jr. 1993. Parapatric hybridation between chromosome races of the *Sceloporus grammicus* complex (Phrynosomatidae): structure of the Ajusco transect. *Copeia*. 2: 352-372.
- Fitch, S. H. 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. The University of Kansas. Science bulletin. 5: 441-461.
- Fitch, S. H. 1985. Variation in clutch and litter size in new world reptiles. The University of Kansas, Museum of natural history. Miscellaneous publication. 76:72 p.
- García, E. 1983. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). 3ª. ed. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- Goldberg, S.R. y C. H. Lowe. 1966. The reproductive cycle of the western whiptail lizard (*Cnemidophorus tigris*) in southern Arizona. *Journal of morphology*. 118:543-548.
- Goldberg, S.R. 1971. Reproductive cycle of the ovoviviparous iguanid lizard *Sceloporus jarrovi* Cope. *Herpetologica*. 27(2): 123-131.
- Goldberg, S.R. 1972. Seasonal weight and cytological changes in the fat bodies and liver of the iguanid lizard *Sceloporus jarrovii*. *Copeia*. (2):227-232.
- Guillette, L. J. Jr. y G. Casas-Andreu. 1980. Fall reproductive activity in the high altitude mexican lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. *Journal of herpetology*. 14(2): 143-147.
- Guillette, L. J. Jr. y D.A. Bearce. 1986. The reproductive and fat body cycles of the lizard, *Sceloporus grammicus disparilis*. *Transactions of the Kansas Academy of Science* 89 (1-2): 31-39.
- Guillette, L. J. Jr. y F. R. Méndez-de la Cruz. 1993. The reproductive cycle of the viviparous mexican lizard *Sceloporus torquatus*. *Journal of herpetology* 27(2): 168-174.
- Ho, S. M., S. Kleis, McPherson. R., G. J. Heismann y Callard. I. P. 1982. Regulation of vitellogenesis in reptiles. *Herpetologica*, 38(1): 40-50.

INEGI. Carta de uso de suelo y vegetación, Oaxaca. E14-9 1:250000.

Jiménez-Cruz, E., Ramírez-Bautista, A., Marshall, J., Lizana-Avia, M. y Nieto-Montes de Oca, A. 2005. Reproductive cycle of *sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Teotihuacán, México. The Southwestern Naturalist. 50: 178-187.

Lemos-Espinal, J. A., R. E. Ballinger y Royce. E. 1995. Comparative thermal ecology of the high-altitude lizard *Sceloporus grammicus* on the eastern slope of the Iztaccihuat volcano, Puebla, México. Can. J. Zool. 73: 2184-2191.

Lemos-Espinal, J. A., R. E. Ballinger y Smith, G. R. 1998. Comparative demography of the high-altitude lizard *Sceloporus grammicus* (Phrynosomatidae), on the Iztaccihuatl volcano, Puebla, Mexico. Great basin naturalist. 58(4): pp 375-379.

Licht, P. 1966. Reproductive cycles of vertebrates: Reproduction in lizards. Chapter 3. New York. Science 154:1688.

Licht, P. 1967. Environmental control of annual testicular cycles in the lizard *Anolis carolinensis*: Interaction of light and temperature in the initiation of testicular recrudescence. Journal of experimental zoology, 165: 505-516.

Maciel-Mata, C.A. 2005. Biología reproductiva de hembras y machos de la lagartija vivípara *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) en los alrededores de la ciudad de Pachuca, Hidalgo México. Tesis de licenciatura. FES-I. UNAM, México.

Marion, K. R. 1982. Reproductive cues for gonadal development in temperate reptiles: temperature and photoperiod effects on the testicular cycle of the lizard *Sceloporus undulatus*. Herpetologica, 38 (1): 26-39.

Marshall, J. C. y J. W. Jr. Sites. 2001. A comparison of nuclear and mitochondrial cline in a hybrid zone in the *Sceloporus grammicus* complex (Squamata; Phrynosomatidae). Molecular Ecology. 10 : 435-449.

Méndez-de la Cruz, F. y L. J. Jr. Guillette. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard, *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). Journal of herpetology. 22(1):1-12.

- Niewiarowski, P. H. y W. M. Roosengurg. 1993. Reciprocal transplant reveals sources of variation in growth rates of the lizard *Sceloporus undulatus*. *Ecology*, 74:1992-2002.
- Ortega, R. A. y R. Barbault. 1984. Reproductive cycle in the mezquite lizard *Sceloporus grammicus*. *Journal of herpetology*, 18(2):168-175.
- Pianka, E. R. y L. J. Vitt. 2003. *Lizards, window to the evolution of diversity*. University of California Press.
- Ramírez-Bautista, A., E. Jiménez-Cruz y J.C. Marshall. 2004. Comparative life history for populations of the *Sceloporus grammicus* complex (Squamata: Phrynosomatidae). *Western North American Naturalist* 64(2):175-183.
- Ramírez-Bautista, A., O. Ramos-Flores y J.W. Sites, Jr. 2002. Reproductive cycle of the spiny lizard *Sceloporus jarrovi* (Sauria: Phrynosomatidae) from North-Central Mexico. *Journal of herpetology* 36(2):225-233.
- Ramírez-Bautista, A., C. Balderas-Valdivia y Vitt. L. J. 2000. Reproductive ecology of the whiptail lizard *Cnemidophorus lineatissimus* (Squamata: Teiidae) in the tropical dry forest. *Copeia* (3): 712-722.
- Ramírez-Bautista, A., y L. J. Vitt. 1998. Reproductive biology of *Urosaurus bicarinatus* (Sauria: Phrynosomatidae) from a tropical dry forest of Mexico. *The southwestern naturalist*, 43(3): 381-390.
- Ramírez-Bautista, A., y L. J. Vitt. 1997. Reproduction in the lizard *Anolis nebulosus* (Polychrotidae) from the Pacific coast of Mexico. *Herpetologica* 53: 423-431.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa Wiley. México.
- Schulte-Hostedde, A. I., B. Zinner, Millar, J. S. y G. J. Hickling. 2005. Restitution of mass-size residuals: validating body condition indices. *Ecology*. 86(1): 155-163.
- Shine, R. 1983. Reptilian reproductive modes: the oviparity-viviparity continuum *Herpetologica* 39 (1): 1-8.
- Simon, C. A. 1976. Resource partitioning by an iguanid lizard: temporal and microhabitat aspects. *Ecology* (57): 1317-1220.

- Sites, J. W. Jr., J. W. Archie, Cole, C. J. y O. Flores-Villela. 1992. A review of phylogenetic hypotheses for lizards of the genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): Implications for ecological and evolutionary studies. *Bulletin of the AMNH*. 213: 110p.
- Tinkle, D. W. 1969. The concept of reproductive effort and its relation to the evolution of life history of lizards. *The American Naturalist*. 103: 501-516.
- Tinkle, D. W., H. M. Wildur, y Tilley, S. G. 1970. Evolutionary strategies in lizard reproduction. *Evolution* 24(1): 55-74.
- Valdez-González, M. A. 1998. Contribución al conocimiento de los patrones reproductivos y aspectos alimenticios de dos especies de lagartijas, *Sceloporus spinosus spinosus* y *Sceloporus horridus horridus* (Lacertilia: Phrynosomatidae). Tesis de licenciatura. FES-I. UNAM. Edo. Mex., México.
- Valdez-González, M. A. y A, Ramirez-Bautista. 2002. Reproductive characteristics of Spiny Lizards, *Sceloporus horridus* and *Sceloporus spinosus* (Lacertilia: Phrynosomatidae). *Journal of herpetology*. 36 (1): 36-43.
- Vitt, L. J. 1992. Reproductive biology of South American vertebrates. William C. Hamlett, editor. Springer-Verlag. Chapter 10. p 136-148.
- Vitt, L. J. y H. Price. 1982. Ecological and evolutionary determinants of relative clutch mass in lizards. *Herpetologica*, 38: 237-255.