



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**Ciclos reproductivos y de los cuerpos grasos de una población de la lagartija vivípara *Sceloporus anahuacus* (Squamata: Phrynosomatidae) al sur del Valle de México.**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**B I O L O G O**

P R E S E N T A

**GABRIEL ARRIAGA NAVA**

**DIRECTOR DE TESIS: M. en C. MANUEL FERIA ORTIZ**

**México D.F.**

**Mayo de 2010**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
P R E S E N T E.

Comunico a usted que al alumno **ARRIAGA NAVA GABRIEL**, con número de cuenta **405093414** de la carrera de Biología se le ha fijado el día **25** del mes de **MAYO** de 2010 a las **14:00 HRS.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	DR. A. ALFREDO BUENO HERNÁNDEZ
VOCAL	M. en C. MANUEL FERIA ORTIZ
SECRETARIO	M. en C. MA. DE LAS MERCEDES LUNA REYES
SUPLENTE	DR. ISAIAS H. SALGADO UGARTE
SUPLENTE	BIÓL. PAMELA MARIA EVERARDO AREVALO



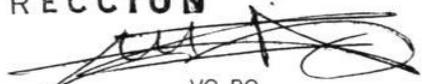
El título de la tesis que presenta es: **Ciclos reproductivos y de los cuerpos grasos de una población de la lagartija vivípara *Sceloporus anahuacus* (Squamata: Phrynosomatidae), al sur del Valle de México.**

Opción de titulación: tesis

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
 México, D. F., a 22 de abril de 2010

**C.D. ALFREDO S. SÁNCHEZ FIGUEROA**  
 DIRECTOR ZARAGOZA  
 DIRECCIÓN



VO. BO.  
 BIÓL. GENARO MONTAÑO ARIAS  
 JEFE DE CARRERA

RECIBÍ  
 OFICINA DE EXÁMENES  
 PROFESIONALES Y DE GRADO

## **Agradecimientos**

Al M. en C. Manuel Fera Ortíz, Curador de la Colección Herpetológica de la FES-Z, director de tesis, profesor y amigo, por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, la ayuda en las colectas, el apoyo con material curatorial y fuentes bibliográficas.

A los revisores y sinodales: Biól. Pamela María Everardo Arévalo, M. en C. Ma. de las Mercedes Luna Reyes, Dr. A. Alfredo Bueno Hernández y Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, por cada una de las sugerencias dadas y observaciones hechas al presente trabajo, que en gran medida contribuyeron a que luciera mejor.

A los biólogos del Museo de Zoología: Abigail Leandro Martínez, Ana Iris Lagunas Cortés, Al yibb Marthin Vázquez Castro y Olivio Moreno Gutiérrez, por la ayuda en colectas de ejemplares, por hacer de la estancia en el Museo, salidas a campo, idas a comer y visitas a La red, momentos gratos e inolvidables.

A todos y cada uno de ustedes, mis más sinceras gracias.

...Y años más tarde, desvelos despues y pesares muchos, al fin parece, que de algo sirvió todo tu esfuerzo y sacrificio.

Esto es para ti Mamá.

## Índice

Introducción.....	1
Antecedentes .....	7
Justificación y Objetivos .....	8
Descripción de la especie .....	9
Descripción del área de estudio .....	10
Método .....	12
Resultados .....	16
Discusión de resultados .....	34
Conclusiones .....	40
Bibliografía citada .....	41

## Introducción

La estrategia reproductiva de una especie es simplemente la manera con la cual se reproduce y sobrevive en un ambiente determinado (Fitch, 1970). Involucra varios tipos de caracteres. Por ejemplo, el sistema de apareamiento, el tiempo transcurrido desde que nacen las crías hasta que alcanzan la madurez sexual, el lapso de vida reproductivo, la modalidad reproductiva (oviparidad o viviparidad), el tamaño de puesta o camada, el intervalo entre eventos reproductivos sucesivos, la tasa sexual y los tamaños relativos de machos y hembras, son caracteres importantes (Fitch, 1970). Dentro de este contexto los ciclos reproductivos de las especies pueden considerarse como indicadores de sus estrategias reproductivas (Guillette y Sullivan, 1985).

Los trabajos pioneros de Fitch (1970) y Tinkle *et al.* (1970) estimularon el interés por conocer las estrategias reproductivas de los reptiles. Desde el tiempo de estos trabajos hasta la fecha se ha acumulado una gran cantidad de información sobre este tópico. Se han distinguido, por ejemplo, tres tipos generales de ciclos reproductivos: asociados, disociados y continuos (Pough *et al.*, 2004).

En ambientes tropicales donde no existe una estacionalidad notable, los ciclos reproductivos tienden a ser continuos. Esto es, los organismos se reproducen continuamente a lo largo de todo el año, (*v gr. Sceloporus variabilis*: Benabib, 1991). Por el contrario, en ambientes claramente estacionales la actividad reproductiva se concentra en determinada época del año (la época favorable) y en este caso la actividad puede ser asociada o disociada. Es asociada cuando la producción de esperma coincide con la ovulación. En caso contrario se dice que la especie presenta un ciclo disociado.

En México, uno de los géneros más estudiados en este aspecto es *Sceloporus* (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1998). Esto se debe a que las especies de este género comúnmente son abundantes en los hábitats en los que se encuentran, son relativamente fáciles de observar, recolectar y pueden mantenerse fácilmente en el laboratorio (Fitch, 1970). Además, en conjunto el género se distribuye prácticamente en todo el país (Smith y Taylor, 1966).

Dentro de este género existen tanto especies vivíparas (41%) como ovíparas (59%) (Manríquez-Morán, 1995). Se ha detectado que las especies vivíparas (*v. gr. Sceloporus grammicus*: Guillette y Casas-Andreu, 1980; *S. aeneus*: Guillette, 1982; *S. mucronatus*: Méndez-de la Cruz *et al.*,

1998; *S. torquatus torquatus*: Feria-Ortiz *et al.*, 2001) tienden a habitar en altitudes mayores que las ovíparas, (v gr. *S. variabilis*: Benabib, 1991). Las especies vivíparas de *Sceloporus* que viven en zonas templadas y altitudes elevadas exhiben actividad reproductiva otoñal (*S. grammicus*: Ramírez-Bautista *et al.*, 1996; *S. mucronatus*: Méndez-de la Cruz *et al.*, 1988; *S. poinsetti*: Ballinger, 1973; *S. torquatus torquatus*: Feria-Ortiz *et al.*, 2001). En este tipo de patrón reproductivo, la vitelogénesis, el cortejo y apareamiento se llevan a cabo en los meses de otoño. Las hembras permanecen preñadas durante el invierno y el nacimiento de las crías ocurre en primavera.

Sin embargo, esta modalidad no está restringida al género *Sceloporus*. Especies de otras familias de lagartijas que viven en estas regiones exhiben actividad reproductiva otoñal, tal es el caso de: *Barisia imbricata*, *Eumeces copei* (Guillette y Casas-Andreu, 1987; Guillette y Casas-Andreu, 1981).

Algunas especies vivíparas presentan ciclos reproductivos disociados. Por ejemplo, en *Sceloporus formosus* el desarrollo testicular ocurre de febrero a abril (primavera) mientras que la ovulación y fertilización en otoño (Guillette y Sullivan, 1985). Similarmente, Jiménez-Cruz *et al.* (2005) estudiaron una población de la lagartija vivípara *Sceloporus grammicus* de Teotihuacán, México, y encontraron que mientras los machos se encontraban reproductivamente activos en verano, la ovulación y fertilización ocurrieron en otoño.

Estudios sobre este tema han aportado información valiosa que en conjunto revela algunos patrones similares de especies que comparten hábitats semejantes o una filogenética común. Por ejemplo, que la ocurrencia conjunta de viviparidad y crianza otoñal es una característica típica de ambientes de montaña con clima frío o templado, al margen de la historia filogenética. Esto representa un apoyo fuerte a la hipótesis de que la viviparidad ha surgido varias veces durante la historia de vida de los escamosos.

### **Talla a la madurez sexual**

Se considera talla a la madurez sexual, como el tamaño mínimo de un organismo que ya es susceptible de presentar actividad reproductiva, siendo para las hembras el indicador, la presencia de folículos vitelogénicos (Manríquez-Morán, 1995) y en los machos el epidídimo visiblemente circunvolucionado y engrosado. (Hernández-Gallegos, 1995). Este dato es muy útil al inferir de las

poblaciones de estudio, si los organismos podrían o no alcanzar la madurez reproductiva en primer año de vida.

Los estudios de los ciclos reproductivos se basan en caracteres obtenidos de organismos sexualmente maduros. Un carácter comúnmente reportado es el tamaño al cual se alcanza la madurez sexual. Este carácter es indicativo del tamaño promedio de los organismos adultos, esto es, sexualmente maduros. El tamaño en la madurez se relaciona con otros rasgos de la historia de vida. Tinkle *et al.* (1970), señalaron en un estudio comparativo que las especies que maduran en un tamaño grande por lo común viven en ambientes fríos y tienden a madurar tardíamente (*v. gr.* en su segundo año de vida). Duham *et al.* (1988), encontraron que los lacertilios que maduran en longitudes pequeñas en general viven menos tiempo que los que maduran en longitudes grandes. Asimismo, mostró que las especies ovíparas por lo común maduran más tempranamente que las vivíparas. Sin embargo, en el género *Sceloporus* se ha visto lo contrario (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993; Méndez-de la Cruz y Villagrán-Santa Cruz, 1998; Méndez-de la Cruz *et al.*, 1998). Sin excepción los individuos, maduran en su primer año de vida.

### **Factores que afectan la actividad reproductora**

Los ciclos reproductivos en los reptiles no están fijos, y tienden a variar, esta variación esta justificada por ciertos factores. Estos pueden ser divididos en dos tipos 1) Internos y 2) Externos. Entre los factores internos uno de los más importantes es el control hormonal (Orr, 1978). Pero existen otros como la acumulación de lípidos en los cuerpos grasos y otras estructuras corporales, que son de gran importancia para la reproducción.

Entre los factores externos que afectan la actividad reproductiva se encuentran la temperatura ambiental, la precipitación y el fotoperiodo (Méndez-de la Cruz y Villagrán-Santa Cruz, 1983). Las hembras de los reptiles pueden responder a estímulos tales como: el incremento en la temperatura, la oscilación térmica, el fotoperiodo o la cantidad de alimento disponible, no obstante la suma de dichos factores puede tener mejores efectos (Méndez-de la Cruz, 1988).

Algunos estudios previos con especies de montaña (*v. gr.* *S. grammicus*: Guillette y Casas-Andreu, 1980; *Eumeces copei*: Ramírez-Bautista *et al.*, 1996; *Eumeces lynxe*: Ramírez-Bautista *et al.*, 1998) han demostrado que entre los factores ambientales que más influyen en estas poblaciones

están la precipitación y el alimento. Por otro lado se desconoce que tanto influya la temperatura y el fotoperiodo, ya que se han relacionado negativamente con la actividad gonadal de machos y hembras (Ramírez-Bautista *et al.*, 1996, 1998).

### **Ciclo de los lípidos**

Muchas lagartijas que viven en ambientes estacionales almacenan lípidos en sus cuerpos grasos y otros compartimentos corporales (hígado, cola, tejido subcutáneo) (Derickson, 1976). Generalmente se almacenan durante la época favorable, cuando el alimento disponible es abundante. Los lípidos son un eficiente mecanismo bioquímico para almacenar grandes cantidades de energía en un espacio pequeño. Los reptiles los utilizan para una variedad de necesidades, incluyendo: crecimiento, manutención y reproducción (Derickson, 1976).

En las hembras de muchas especies de lagartijas de zonas con clima estacional, se ha detectado una relación inversa entre los cambios cíclicos del peso de los cuerpos grasos y de las gónadas. Esto es, la disminución en el peso de los cuerpos grasos ocurre durante el crecimiento de los folículos (*v. gr.* Guillette, 1982; Guillette y Sullivan, 1985; Ramírez-Bautista *et al.*, 2002; Jiménez-Cruz *et al.*, 2005). Esto sugiere que los lípidos almacenados en dichas estructuras se utilizan principalmente para apoyar el desarrollo gonádico.

Se ha demostrado que los lípidos almacenados en los cuerpos grasos se emplean (en hembras) para la vitelogénesis y/o la nutrición en los meses de invierno (Derickson, 1976). En el caso de los machos se ha sugerido por otro lado que estos tienen su función en la recrudescencia testicular, el cortejo y la nutrición en invierno (Derickson, 1976).

La importancia del hígado como órgano de almacenamiento de energía ha sido menos estudiada. En varias especies de lagartijas se ha detectado la presencia de lípidos (Hahn y Tinkle, 1967, Telford, 1970, Gillis y Ballinger, 1992) o glicógeno en el hígado (Di Maggio y Dessauer, 1963). De este modo, las variaciones periódicas en el peso de este órgano en las lagartijas pueden deberse en parte al almacenamiento y la utilización de glicógeno (Di Maggio y Dessauer, 1963).

En las hembras, los lípidos almacenados en el hígado se utilizan principalmente para la síntesis de vitelogenina y en los machos para la manutención durante el invierno. En algunas

especies, las reservas de grasa no se restablecen sino hasta después que la reproducción se detiene (Telford, 1970, Gillis y Ballinger, 1992). El hígado es probablemente un órgano intermediario tanto para el almacenamiento, como para la utilización de lípidos (Hahn y Tinkle, 1967). De este modo el análisis del cambio en el peso de los cuerpos grasos y el hígado es útil en la interpretación de los ciclos reproductivos de las lagartijas.

### **Cuerpo lúteo**

El cuerpo lúteo es una estructura que aparece como resultado de la ovulación del folículo maduro en los reptiles (Fox, 1977). Está asociado con muchas funciones en el organismo, tal es el caso de la producción de progesterona, el impedimento del desarrollo folicular, así como la disminución en el apetito de las hembras (Guillette *et al.*, 1981a). Por lo anterior, es muy común observar esta estructura durante gran parte del periodo de gestación. El tiempo de vida del cuerpo lúteo es específico para cada especie y varía considerablemente en los reptiles. En los escamosos ovíparos la regresión luteal está positivamente relacionada con la oviposición (Jones y Guillette, 1982). Así también en los estadios finales del desarrollo embrionario (especies vivíparas), se observa un decrecimiento significativo en su tamaño hacia el final de dicho desarrollo (Guillette *et al.*, 1981b).

### **Tamaño de la Camada**

El número de huevos oviductales y/o embriones (para especies vivíparas) proporciona una estimación confiable del tamaño de camada, y tiende a ser variable incluso intraespecíficamente (ver Tabla 1). Este parámetro ha sido objeto de diferentes estudios. Así se ha detectado, por ejemplo, que el tamaño de camada (o de puesta en el caso de especie ovíparas) puede ser influenciado por factores ecológicos, anatómicos y fisiológicos tales como: altitud, clima, latitud, disponibilidad de alimento y el tamaño del cuerpo de la hembra entre otros (Fitch, 1970).

En su mayoría las especies ovíparas de lagartijas de talla pequeña tienen una o dos puestas de pocos huevos. Por ejemplo las especies del grupo de los geckónidos tienen dos o tres puestas con dos huevos cada una (Ramírez-Sandoval *et al.*, 2006). Asimismo, todas las especies del género *Anolis* ponen un solo huevo alternando sus ovarios cada cinco o diez días durante la estación

reproductiva (Ramírez-Bautista, 1995; Ramírez-Bautista y Vitt, 1997). Otras especies de talla pequeña como las del género *Urosaurus*, tienen dos o tres puestas de más de cinco huevos (Dunham, 1981). Algunas de talla mayor y periodos de vida relativamente grandes como las del género *Ctenosaura* e *Iguana*, pueden llegar a tener puestas de hasta 40 huevos, por cada estación reproductiva (Valenzuela-López, 1981).

Las especies vivíparas generalmente solo tienen una camada por estación reproductiva. La Tabla 1 proporciona algunos datos respecto al tamaño de camada, o puesta, para algunas especies del género *Sceloporus*. Se detecta un patrón común observado en comparaciones más extensivas, que el tamaño de puesta de las especies ovíparas tiende a ser más grande que el tamaño de camada de especies vivíparas de talla similar. Por ejemplo, el tamaño de puesta promedio de la especie ovípara *Sceloporus clarkii* es mayor que el de la lagartija vivípara de tamaño similar *S. torquatus torquatus*.

Tabla 1. Datos publicados del tamaño de camada o puesta, para algunas especies del género *Sceloporus*.

Especie	Modo reproductor	LHC (mm)	Tamaño de camada o de puesta	Fuente
<i>S. clarkii</i>	ovíparo	84.1 ± 1.6	8.2±1.0	Fitch, 1970, 1978
<i>S. grammicus</i>	vivíparo	51.7 ± 0.5	5.0 ± 0.2	Ramírez Bautista <i>et al.</i> , 2005
<i>S. jarrovi</i>	vivípara	61.06 ± 1.10	5.35 ±0.59	Ramos Flores, 2003
<i>S. melanorhinus</i>	ovíparo	87.9 ± 1.2	7.7±0.33	Ramírez Bautista <i>et al.</i> , 2006
<i>S. olivaceus</i>	ovíparo	93.0	14.3	Fitch, 1978
<i>S. torquatus torquatus</i>	vivíparo	90.6 ± 6.5	6.48±0.25	Feria Ortiz <i>et al.</i> , 2001
<i>S. utiformis</i>	ovíparo	63.8 ± 0.5	6.94±0.28	Ramírez Bautista y Gutiérrez Mayen, 2003

## Antecedentes

Después de que Lara-Góngora (1983) describiera a *Sceloporus anahuacus* no se realizó ningún estudio respecto a su biología en general, sino hasta hace algunos años que se comenzaron a realizar algunos estudios puntuales sobre esta especie. En 2004 Ávila-Bocanegra, reportó un trabajo sobre la ecología térmica de una población que habita en el noreste del Estado de México, mismo que arrojó los siguientes resultados: *S. anahuacus* tienden al termoconformismo, asimismo presentó uno de los promedios de Tc (Temperatura corporal) más bajos registrados para el complejo *grammicus* (Leyte-Manrique *et al.*, 2005), sumado a esto las hembras preñadas mostraron una Tc más alta que las no preñadas.

Smith y Lemos-Espinal (2005), analizaron el comportamiento de escape de *S. anahuacus* y tres especies más de frinosomátidos (*Urosaurus bicarinatus*, *S. gadoviae* y *S. mucronatus*). En dicho trabajo, encontraron que en *S. anahuacus* la conducta de escape ante un depredador no varía ni con la longitud del cuerpo, ni con el sexo. La condición reproductiva en hembras (grávida y no-grávida) tampoco es un factor que modifique dicho comportamiento. Asimismo vieron que la temperatura corporal influyó en la capacidad de las lagartijas para escapar de la captura.

Pacheco-Coronel (2006), estudió y comparó los hábitos alimenticios y carga parasitaria (ectoparásitos y endoparásitos) de *S. anahuacus* y otras tres especies de lagartijas (*S. mucronatus*, *Barisia imbricata* y *Eumeces copei*), todas simpátridas. Dicho estudio mostró que esta especie se alimenta principalmente de insectos de los órdenes Coleóptera, Himenóptera y Hemíptera, así como de materia vegetal. En cuanto a parásitos externos notó la presencia de ácaros de las familias Pterygosomatidae y Trombiculidae. Con respecto a los endoparásitos observó nematodos del género *Pharygodon* sp.

No obstante, si bien estos trabajos reportan datos importantes acerca de la historia natural de esta especie, es evidente que aún resta mucho por conocer. Por ejemplo aún se desconoce totalmente su ciclo reproductivo.

## Justificación

A pesar de la gran cantidad de estudios sobre diversos aspectos de la biología de los reptiles aún hacen falta datos ecológicos y de historia natural de la mayoría de las especies conocidas. Esto se debe sin duda alguna a la gran cantidad de especies existentes. Los datos ecológicos y de historia natural son importantes por diferentes razones. Representan la fuente de información básica para comparar diversos aspectos biológicos y de este modo reconocer patrones e identificar los factores que los producen. Por otro lado, si consideramos los avances logrados en el campo de la sistemática (se han obtenido filogenias morfológicas y moleculares de un gran número de grupos de reptiles) los datos ecológicos y de historia natural son básicos para rastrear la evolución de fenómenos biológicamente importantes. Esto es, un rasgo de historia tal como la viviparidad o el tamaño corporal puede “mapearse” en una filogenia conocida con el fin de conocer aspectos de su historia evolutiva. De esta manera se ha detectado, por ejemplo, que la viviparidad ha evolucionado varias veces dentro de los reptiles. Así mismo, al mapear el tamaño corporal en filogenias conocidas se ha detectado entre otras cosas casos de especiación ecológica paralela (Richmond y Reeder, 2002). De este modo, ante la actual tasa de pérdida de hábitats y de especies, los estudios tales como el presente no solo son justificados sino absolutamente necesarios y oportunos.

## Objetivos

- Describir los ciclos ováricos y testicular de *Sceloporus anahuacus* por medio del examen mensual de las gónadas durante un año.
- Describir el ciclo de los cuerpos grasos e hígado, de machos y hembras de *Sceloporus anahuacus*.
- Precisar el tamaño al que maduran sexualmente los machos y las hembras de la población estudiada.
- Determinar si existe alguna relación entre la longitud hocico cloaca de las hembras y el tamaño de camada.
- Determinar si existe, y en su caso describir, dimorfismo sexual en la longitud hocico cloaca, longitud de la cabeza, peso corporal y patrón de coloración en la población estudiada.

### Descripción de la especie

*Sceloporus anahuacus* es una especie de tamaño pequeño, los adultos llegan a tener una longitud hocico-cloaca (LHC) de 49.33 mm, con un máximo de hasta 54 mm y 3.5 g de peso (Figura 1). Es endémica a México y se distribuye en el centro de país. Habita en bosques de pino y pino encino en altitudes relativamente elevadas (mayores de 3000 m) (Lara-Góngora, 1983). En el área de estudio es muy abundante y suele encontrarse en rocas o sobre el suelo.

Se alimenta de insectos y es vivípara. En general su distribución está limitada a algunas porciones de la altiplanicie mexicana en el Distrito Federal (Monte alegre, Cerro del Coyote, Cerro de los Gavilanes, Llanos la Cantimplora y Santa Rosa Xochiac) y partes del Estado de México (Zoquiapan, Cerro Telapón, Cerro Potrero, Cañada del Quesero, San Juan Zitlaltepec, Llano del Guarda y Río Frío) (Lara-Góngora, 1983).



Figura 1. Ejemplar hembra de *Sceloporus anahuacus*. (Foto: Manuel Feria Ortíz)

## Descripción del área de estudio

El área de colecta conocida como “El Valle del tezontle” se encuentra ubicada en la delegación Magdalena Contreras, al sur del Valle de México. Entre los meridianos 19° 12' 48.9", 19° 12' 49.7" N y entre los paralelos 99° 16' 59.1", 99° 17' 2.7" O (Figura 2). Tiene una altitud de 3421 m y forma parte del Área Natural Protegida Cumbres del Ajusco.

El tipo de clima es Cc (w<sup>2</sup>) (w) igw'' templado, semifrío, con verano fresco largo, (García, 1997), temperatura media mensual entre 9.5°C y 13.4°C, temperatura del mes más frío entre 6.2°C y 10.2°C, menos de cuatro meses con temperatura mayor a 12°C, subhúmedo, con precipitación anual de 1226.8 mm y precipitación en el mes más seco de 8.9 mm; lluvias de verano del 5 al 10.2% anual. La precipitación ocurre de mayo a septiembre (ver figura 3).

Las unidades de suelo imperantes en el Ajusco son los andosoles, formados básicamente por arena y ceniza volcánica rica en vidrio (Mardocheo-Palma *et al.*, 1999). En esta región se pueden encontrar rocas tales como tezontles, andesitas, cuarzos, basaltos y piedras pómez (Benítez-Badillo, 1986; Yarza-de la Torre, 1992).

La vegetación del área de estudio es un remanente de bosque de pino (*Pinus montezumae*) y pastizales alpinos y subalpinos, (Rzedowski, 1978); otro representante del estrato arbóreo es el Oyamel (*Abies religiosa*) ambas especies dominan el paisaje. Pueden apreciarse también cedro (*Cupressus lindleyi*) y algunos encinos (*Quercus laurina*). El componente de pastizal, está representado por zacatones de las especies *Muhlenbergia macroura* y *Festuca tolucensis*, como los más frecuentes (Benítez-Badillo, 1986).

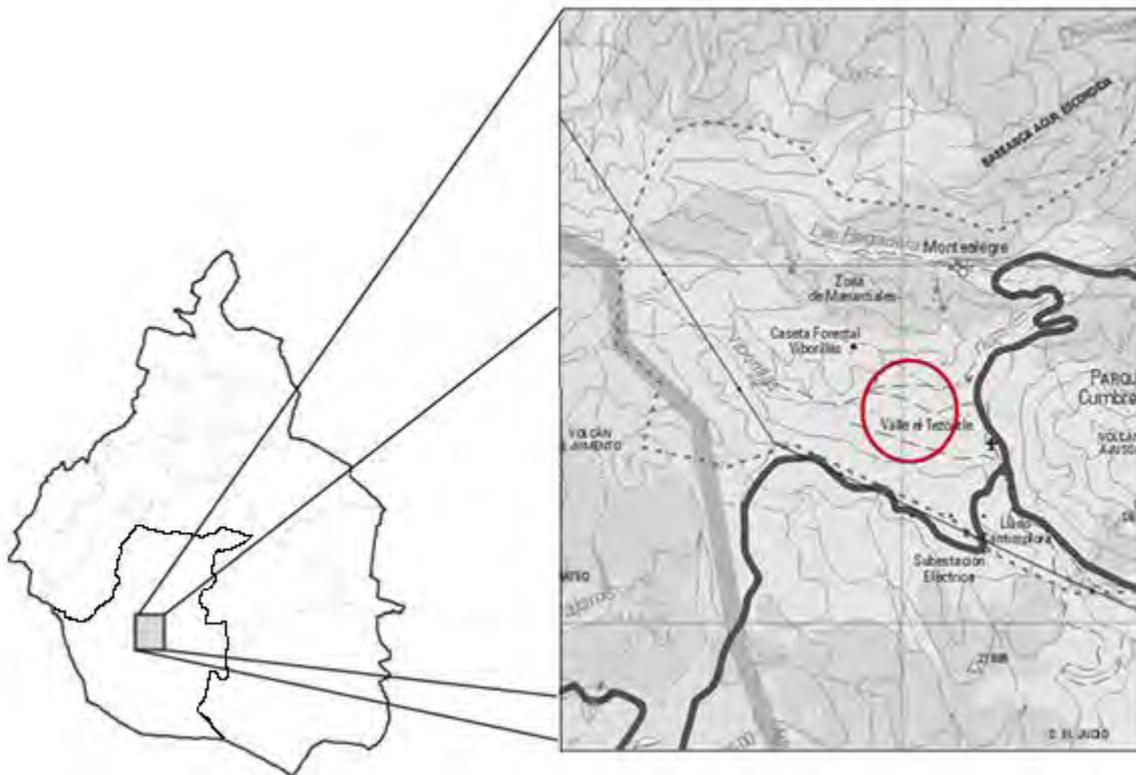


Figura 2. Ubicación del área de estudio

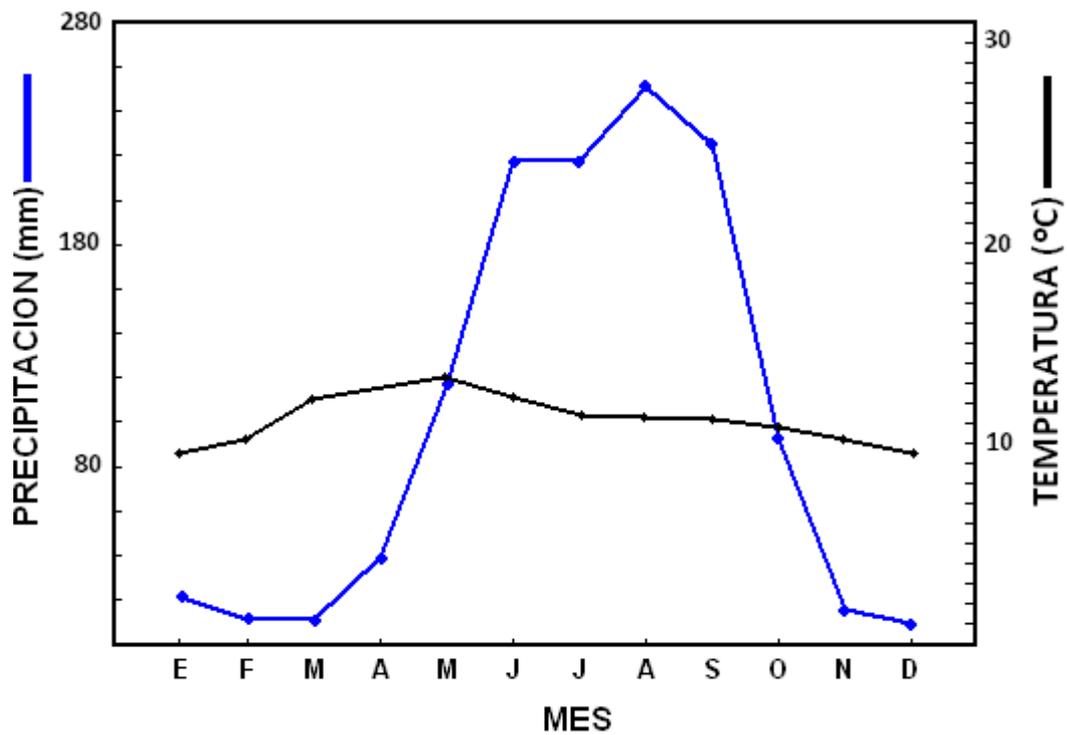


Figura 3. Datos de temperatura y precipitación para la zona de estudio. Estación Meteorológica Ajuco.

## Método

### Muestreo

De septiembre de 2008 a agosto de 2009, se recolectaron mensualmente de 10 a 15 organismos adultos de *Sceloporus anahuacus*. La captura se llevó a cabo de forma manual y empleando bandas de goma (ligas). Se procuró recolectar más hembras que machos. La razón es que en las hembras algunos caracteres (v. gr., número y diámetro de los folículos ováricos y tamaño de camada) presentan una variación relativamente alta en comparación con los caracteres de los machos. Para inferir los ciclos reproductivo y de lípidos, y detectar rasgos sexualmente dimórficos, únicamente se utilizaron organismos adultos. Sin embargo, también se recolectaron organismos inmaduros. Los organismos inmaduros fueron de tamaño pequeño y se recolectaron con el propósito de evaluar de manera aproximada su tasa de crecimiento y de este modo estimar la edad a la que alcanzan la madurez sexual. Por esta razón, en el caso de estos organismos, sólo se registraron el peso corporal y tres valores morfométricos. Estos últimos fueron: longitud hocico-cloaca, longitud de la cabeza y longitud de la cola. Estos datos se registraron en campo y en seguida se liberaron en el mismo sitio de captura.

Todos los ejemplares adultos fueron sacrificados por congelación o con una sobredosis de Pentobarbital sódico. Luego se disectó cada organismo con el fin de extraerle las gónadas (ovarios o testículos según el sexo), el estómago, los cuerpos grasos y el hígado. Estas estructuras fueron medidas y pesadas para su análisis.

Después de registrar los datos correspondientes se prepararon los organismos para su posterior inclusión dentro de la Colección Herpetológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES-Z). Para este fin se siguieron las recomendaciones de Duellman (1962). Brevemente, se fijaron con formaldehído al 10%. En seguida se colocaron los organismos dentro de una charola de plástico y se endurecieron con el mismo reactivo. Una vez endurecidos se lavaron con agua corriente (en movimiento) y finalmente se preservados en alcohol etílico al 70%. Todos los ejemplares quedaron al resguardo de la Colección Herpetológica de la (FES-Z).

## Obtención de datos

Antes de disectar a los organismos se les tomaron los siguientes datos: Longitud hocico-cloaca (LHC), Longitud de la cabeza (LCAB), Longitud de la cola (LCOL) y peso corporal. Las medidas de longitud se registraron con la ayuda de Vernier Trupper® ( $\pm 0.01$  mm), y el peso con el uso de una balanza semianalítica Ohaus® ( $\pm 0.01$  g). Estos datos se emplearon para evaluar mediante pruebas estadísticas si existe o no dimorfismo sexual entre los organismos de esta población. Asimismo se evaluó el patrón de coloración de machos y hembras para determinar si este carácter difiere o no entre sexos.

En las hembras se registró el peso de los ovarios. Asimismo, se registraron los siguientes datos: (i) número de folículos no vitelogénicos (blanquecinos y pequeños), (ii) número de folículos relativamente grandes y amarillos (vitelogénicos) y (iii) diámetro del folículo mayor. En el caso de las hembras preñadas también se registró el número de huevos en cada oviducto, el peso y el diámetro de los mismos y el número y diámetro de los cuerpos lúteos. Los datos de peso de estos órganos, así como de los datos de peso de los demás órganos (cuerpos grasos e hígado de machos y hembras y del testículo derecho –ver más abajo) se obtuvieron mediante una balanza analítica con precisión de  $\pm 0.1$  mg. Así mismo, las medidas de longitud de órganos pequeños se tomó mediante un Vernier Trupper® (0.01 mm). Estos datos se utilizaron para describir el ciclo reproductivo durante el año de estudio.

En el caso de los machos se registró el peso del testículo derecho (PTEST) de cada ejemplar. También se midió el largo y el ancho de este testículo. La elección de solo el testículo derecho obedece a que ambos testículos se comportan de la misma manera a lo largo del ciclo reproductivo. Por lo tanto, la medición de uno solo de ellos es suficiente para conocer el ciclo testicular.

En ambos sexos se registró el peso de los cuerpos grasos y del hígado. Con el fin de detectar algún patrón entre los cambios mensuales experimentados por el peso de los cuerpos grasos (PCGR) y los cambios correspondientes observados en los pesos de las gónadas (ovarios o testículos según el sexo) se graficaron y compararon los promedios mensuales de los pesos de las estructuras involucrados.

Para todos los ejemplares adultos se determinó el peso del contenido estomacal. Para este fin se obtuvo el peso del estómago con y sin contenido alimenticio. Enseguida, por diferencia, se obtuvo la masa de contenido estomacal. Se obtuvieron los valores promedio por mes a lo largo del año de estudio para inferir alguna posible relación entre las fluctuaciones de estos valores y los correspondientes a los pesos de las gonadales. El peso de los estómagos se obtuvo mediante una balanza analítica Ohaus® ( $\pm 0.1$  mg).

Similarmente al cálculo del peso del contenido estomacal, se obtuvo el peso del cuerpo eviscerado al restar al peso corporal (PCORP) el peso conjunto de las estructuras extraídas del cuerpo (gónadas, hígado, cuerpos grasos, etc.). Se calcularon los valores promedio para cada mes y se cotejaron con los valores de peso de las gónadas (según el sexo) para determinar alguna posible relación con estos.

### **Análisis estadístico**

Se calcularon promedios más menos un error estándar de las variables registradas. Con el fin de detectar la existencia o no de dimorfismo sexual en el tamaño y peso de los organismos se realizó una prueba de *t* de Student. Asimismo, se realizaron análisis de covarianza univariados para detectar la existencia de dimorfismo sexual en las variables: longitud hocico-cloaca, longitud de la cabeza y peso corporal.

Con el fin de detectar diferencias significativas en los promedios mensuales de los variables relacionadas con el ciclo reproductivo y de lípidos se realizaron dos análisis multivariados de covarianza, (ANMUCOVA) uno para las hembras y otro para los machos. En cada prueba se consideró a la longitud hocico cloaca como covariada y a los pesos de los cuerpos grasos, del hígado, del estómago y del cuerpo eviscerado como variables de respuesta. Se realizaron pruebas de Bonferroni conjuntas univariadas con el fin de detectar entre que pares de meses ocurrieron diferencias significativas. La ventaja de usar este método estadístico es que proporciona una medida global de significancia, habiendo descontado efectos debidos al tamaño de los organismos (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993; Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

Previo a la realización de los análisis, los valores de peso y longitud, fueron multiplicados por una constante ( $10^6$ ) y transformados a logaritmo base 10. Esto con el fin de ajustar los datos a los requerimientos de los análisis (normalidad y homogeneidad de varianzas) y de evitar trabajar con valores negativos.

Se calculó el coeficiente de correlación para las variables LHC y tamaño de camada. Se obtuvo la recta de regresión (por mínimos cuadrados) para este par de variables. En todas las pruebas se consideró un valor de significancia de 0.05.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa SPSS-X (SPSS Inc., 1997), siguiendo las recomendaciones de Salgado-Ugarte (1995) y Salgado-Ugarte *et al.* (2005). Las gráficas se realizaron el programa Statistica, versión 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

## Resultados

### Dimorfismo Sexual

En total se examinaron 134 ejemplares adultos, 85 hembras y 49 machos. La tabla 2 muestra los resúmenes estadísticos para el peso, LHC y longitud de la cabeza de ambos sexos. Se detectaron diferencias significativas en la longitud hocico cloaca ( $t = 2.34$ ;  $gl = 132$ ;  $p < 0.05$ ), el peso corporal ( $F = 4.36$ ;  $gl = 1, 131$ ;  $p < 0.05$ ) y la longitud de la cabeza ( $F = 23.2$ ;  $1,131$ ;  $p < 0.0001$ ). En los tres casos los machos presentaron valores promedio más altos que las hembras (Figura 4)

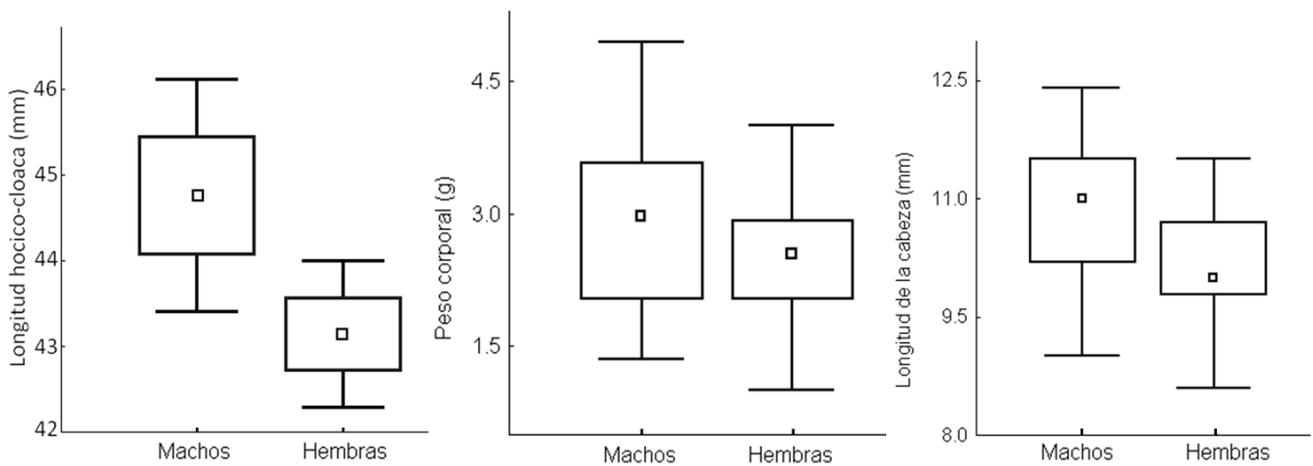


Figura 4. Diagramas de caja para el peso corporal, la LHC y la longitud de cabeza en machos y hembras de *Sceloporus anhuacus*.

Tabla 2. Valores promedios ( $\bar{X} \pm 1$  ES) del peso corporal (PCORP) y dos variables morfométricas, Longitud hocico-cloaca (LHC) y longitud de la cabeza (LCAB) de una población de *S. anahuacus* en el Valle del Tezontle, México. (N) número de organismos analizados.

		<b>LHC</b>	<b>LCAB</b>	<b>PCORP</b>
<b>Sexo</b>	<b>(N)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(g)</b>	<b>(g)</b>
♂	49	44.76 ± 0.69 (34.6 - 52.6)	10.79 ± 0.12 (9 - 12.4)	2.9 ± 0.12 (1.35 - 4.94)
♀	85	43.14 ± 0.43 (31.6 - 52.6)	10.15 ± 0.08 (8.4 - 12.7)	2.54 ± 0.07 (1.01 - 4.01)

En la población de estudio existe una notable diferencia en la coloración ventral de machos con respecto a hembras. Asimismo, hay variación en el patrón de coloración dentro de cada sexo. A continuación se describe el patrón de coloración de cada sexo.

Pueden distinguirse tres morfos masculinos distintos, aquí nombrados morfos  $A_m$ ,  $R_m$  y  $G_m$ . La parte ventral de la cabeza del morfo  $A_m$  es de color amarillo. La parte ventral de la región correspondiente a los hombros es de color rojo claro. Entre el color amarillo de la región de la garganta y el rojo tenue de la parte ventral del área a la altura de los hombros puede haber una mancha discontinua oscura de anchura variable (Figura 5). Enseguida del color rojo se presentan un par de manchas longitudinales de color azul turquesa que corren desde la axila hasta la ingle. Estas manchas se encuentran bordeadas por una franja oscura a nivel de la parte media de la región ventral, y se encuentran separadas en esta región por un área longitudinal de color rojo (similar al color de la parte ventral de la región de los hombros). Dicha área se extiende hacia la parte media de los muslos y hacia la parte ventral de la cola. La franja oscura que bordea el margen ventral de las manchas azul turquesa se extiende por la parte anterior de los muslos traseros. Los patrones de coloración de los machos con los morfos  $R_m$  y  $G_m$  son similares al del morfo A. Sin embargo hay diferencias notables. La región gular del morfo R es de color rojo y el color rojizo del vientre (región ventral a nivel de los hombros y de la parte media ventral, etc.) es más acentuado (Figura 5). Además, las manchas alargadas del vientre son de color azul cielo. El morfo  $G_m$  tiene la región gular

gris y las regiones que en los otros morfos son rojizos en éste son de color gris. Además, el color azul de las manchas alargadas del vientre es similar al del morfo  $R_m$ .

Casi todos los machos examinados cuya longitud hocico cloaca estuvo entre 37 y 39 mm tuvieron parches ventrales azules, al margen del morfo al que pertenecieran. Sin embargo, un 2% (uno de 49) de estos machos no tuvo parches ventrales azules. En cambio, la parte ventral del cuerpo tuvo un patrón de coloración similar al de las hembras (ver abajo). Esto es, la región gular fue de color naranja mientras que la del resto del cuerpo (la parte ventral) fue de color rojo.

En el caso de las hembras se notó la presencia de dos morfos claramente distinguibles, llamados aquí morfos  $R_h$  y  $G_h$ . El primero tiene la parte ventral de la garganta de color naranja. La parte ventral del tronco hasta poco antes de donde termina la cola es de color rojo (Figura 5). El segundo tiene la parte ventral del cuerpo de color gris, desde la región de la garganta hasta cerca de la punta de la cola (Figura 5). El color rojo del vientre y el color de la garganta variaron entre estos dos morfos. En algunas hembras el color ventral de la región de la garganta es naranja pero la del resto del cuerpo es gris. En otras únicamente es diferente el tono del color del vientre (Figura 5).

Por otro lado, la coloración dorsal de ambos sexos fue muy semejante (tonos homogéneamente negros). Sin embargo algunas pocas excepciones de dorsos de machos presentaban escamas longitudinales con colores encendidos de tonos amarillos.

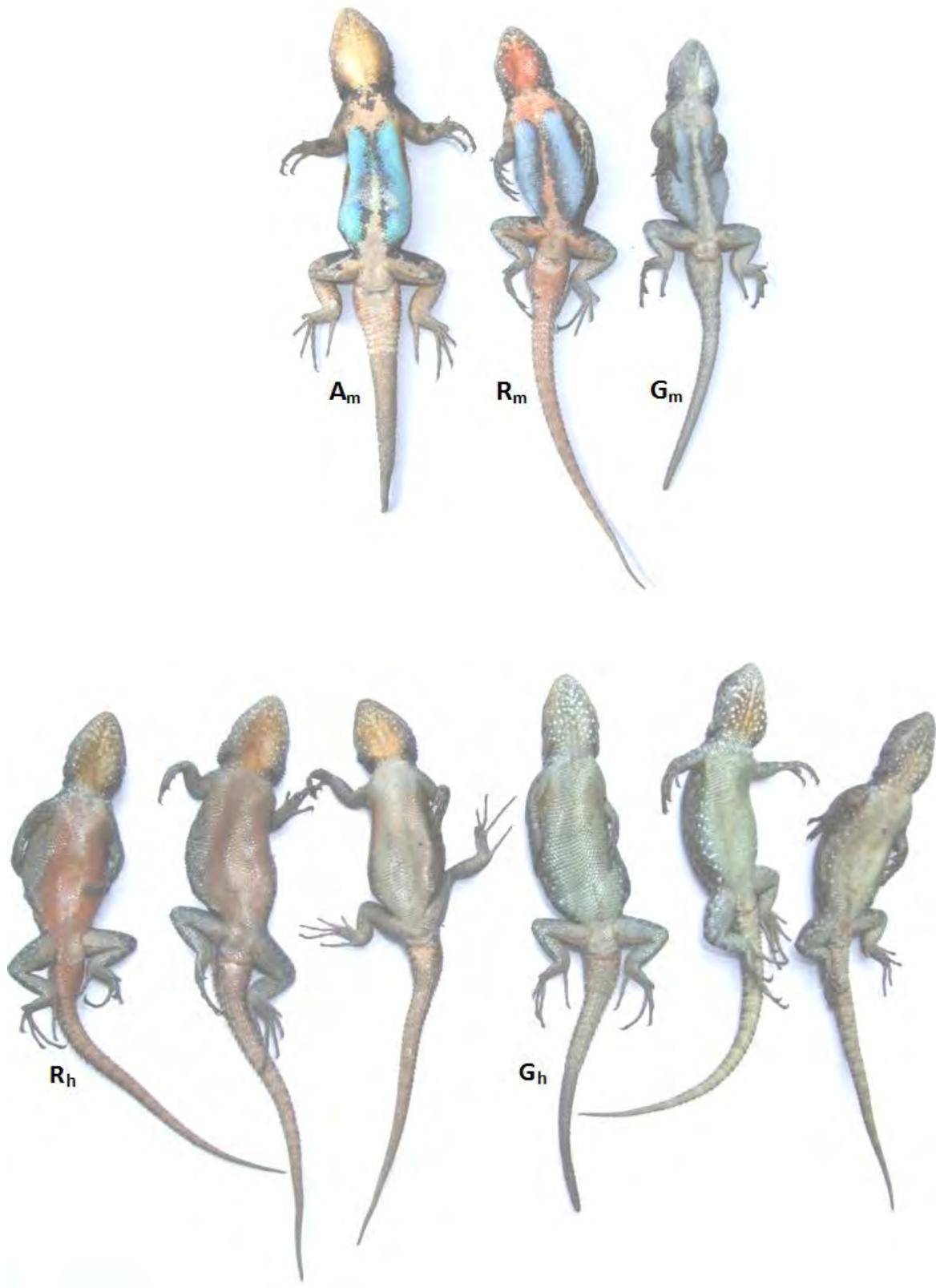


Figura 5. Vista ventral de los morfos encontrados en machos (arriba) y hembras (abajo) de *Sceloporus anahuacus*. (Foto: Manuel Feria Ortíz)

## Talla y edad a la que se alcanza la madurez sexual

Los tres machos con talla más pequeña que presentaron testículos agrandados tuvieron LHC de 36.7, 37.3 y 38.3 mm. Las hembras más pequeñas con folículos agrandados tuvieron LHCs de 39.9, 40.3 y 40.5, mientras que las más pequeñas con huevos en el oviducto tuvieron LHCs de 36.3, 40 y 40.7. De este modo, la talla mínima a la que se alcanza la madurez sexual es similar en ambos sexos, si bien en promedio parece ser menor en los machos que en las hembras (machos 37.4 vs. hembras 38.7 –promedio considerando únicamente las tres hembras más pequeñas).

La tabla 3 muestra los resúmenes estadísticos mensuales de la LHC, peso corporal y longitud de la cabeza para los organismos inmaduros recolectados de mayo a agosto. Las crías nacen de fines abril a principios de mayo. En consecuencia, los valores de los jóvenes del mes de mayo deben de ser muy similares a las de las crías recién nacidas. A partir de esta fecha los jóvenes crecen continuamente (Figura 6). Hubo diferencias altamente significativas en los promedios mensuales de las LHCs de los jóvenes ( $F = 38$ ;  $gl = 50$ ,  $p < 0.05$ ).

Los datos de tamaños y peso de la tabla 3 sugieren una tasa de crecimiento promedio de 3.52 mm de LHC por mes, y 0.26 g de peso corporal por mes (de mayo a agosto). De este modo para el mes de agosto los jóvenes tienen una LHC promedio de 33.5 mm, la cual es sólo tres mm menor a la talla mínima a la que se alcanza la madurez sexual.

Si bien no se tomaron datos de inmaduros durante los meses de septiembre a noviembre es factible considerar que el crecimiento continúa en estos meses. Suponiendo que en septiembre-noviembre la tasa de crecimiento es similar a la de mayo-agosto, o aun suponiendo una tasa de crecimiento más lenta (*v. gr.*, la mitad de la tasa de mayo-agosto), se espera que para noviembre la mayoría de las lagartijas jóvenes hayan alcanzado la talla de los organismos maduros más pequeños.

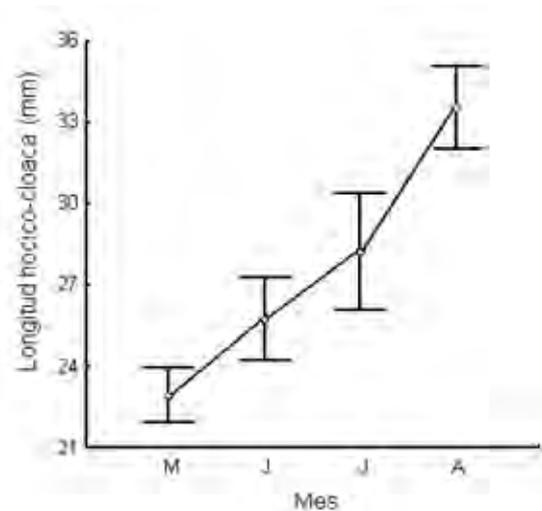


Figura 6. Gráfica de crecimiento en neonatos de *Sceloporus anahuacus*. Las líneas verticales indican el intervalo de confianza para el valor promedio del 95% (Muestreo de cuatro meses).

Tabla 3. Medidas morfométricas y peso corporal promedio de las lagartijas inmaduras de mayo a agosto. LHC = Longitud hocico cloaca; PCOR = peso corporal; LCAB = Longitud de la cabeza. N = Número de ejemplares examinados. Todos los valores  $\pm 1$  Error estándar.

Mes	LHC	PCORP	LCAB	N
Mayo	22.94 $\pm$ 0.46 (21.6 – 26)	0.37 $\pm$ 0.02 (0.28 – 0.54)	6.37 $\pm$ 0.13 (5.5 – 7)	11
Junio	25.74 $\pm$ 0.71 (22 – 30.8)	0.57 $\pm$ 0.05 (0.35 – 0.99)	7.29 $\pm$ 0.12 (6.5 – 8.3)	15
Julio	28.23 $\pm$ 0.77 (24.4 – 31.7)	0.78 $\pm$ 0.06 (0.47 – 1.1)	7.88 $\pm$ 0.14 (7 – 9.2)	11
Agosto	33.53 $\pm$ 0.71 (28 – 36.7)	1.16 $\pm$ 0.06 (0.83 – 1.48)	8.66 $\pm$ 0.12 (7.9 – 9.4)	15

## Ciclo reproductivo y de lípidos de las hembras

El ANMUCOVA detectó diferencias significativas mensuales en los valores conjuntos de las variables dependientes: POVA, PHIG, PCGR y PEST (Peso de los ovarios, peso del hígado, peso de los cuerpos grasos y peso del estómago, respectivamente) (Tabla 4). Aunque en la variable peso del cuerpo eviscerado (PCEV) no hubo diferencias significativas entre sus promedios mensuales (Tabla 5).

Tabla 4. Valores de  $F$ , grados de libertad ( $gl$ , asociadas a la hipótesis y al error) y significancia ( $p$ ) para el ANMUCOVA. Únicamente se muestran los parámetros que permiten determinar si hubo o no diferencias significativas entre los valores mensuales conjuntos de las variables dependientes.

<b>Prueba</b>	<b><math>F</math></b>	<b><math>gl</math></b>	<b><math>p</math></b>
Pillai's	6.3	45,250	0.000
Wilks'	6.6	45,250	0.000
Hotelling's	10.7	45,222	0.000
Roy's Largest Root	35.9	9,50	0.000

Tabla 5. Valores de  $F$ , grados de libertad ( $gl$ ) y significancia ( $p$ ) para cada una de las variables dependientes. Únicamente se muestran los parámetros que permiten determinar si hubo o no diferencias significativas entre los valores mensuales de las variables.

<b>Variable</b>	<b><math>F</math></b>	<b><math>gl</math></b>	<b><math>p</math></b>
PCEV	2.2	9	0.040
POVA	31.0	9	0.000
PHIG	9.2	9	0.003
PCGR	3.4	9	0.000
PEST	8.9	9	0.000

## Ciclo ovárico

Los ovarios permanecen ligeros durante el desarrollo embrionario. Los pesos de los ovarios de cuatro hembras preñadas del mes de enero promediaron  $0.01 \pm 0.00048$  g, (0.001 – 0.05 g). Si bien no se tomaron más datos de peso de ovarios en hembras preñadas en todos los casos éstos fueron de tamaño similar y por lo tanto es de esperarse que también fuera de peso también similar (es decir, alrededor de 0.01 g).

El ANMUCOVA detectó diferencias significativas entre los pesos promedios de los ovarios de los meses de julio a octubre (Tabla 4). El peso aumenta ligeramente de abril a mayo. Si bien no se tienen pesos de ovarios para las hembras de abril estos evidentemente eran pequeños y, como se señaló arriba, presumiblemente ligeros. A partir de mayo los ovarios continúan aumentando de peso hasta alcanzar su peso máximo en octubre (Figura 7). En noviembre ocurre la ovulación y al salir los folículos agrandados del oviducto el ovario vuelve a tener el peso ligero característico del período de gestación.

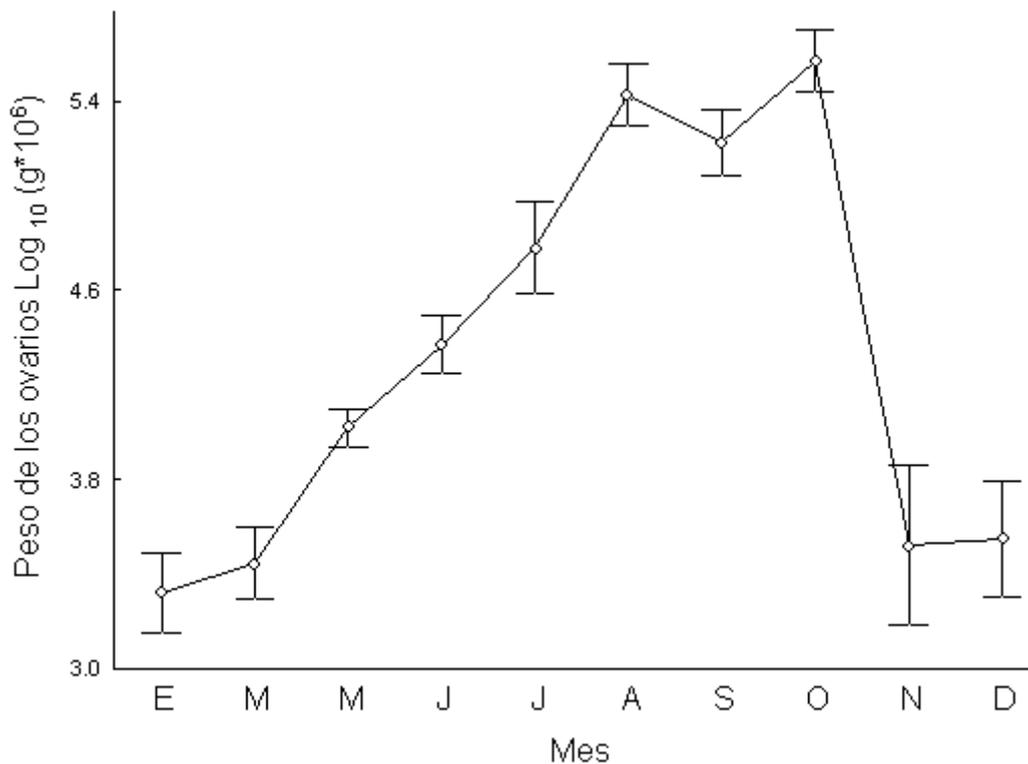


Figura 7. Cambios mensuales en los pesos de los ovarios de *Sceloporus anahuacus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estandar.

La reactivación ovárica también se refleja en la proliferación de folículos y en el aumento de tamaño de los mismos. Si bien durante los meses de gestación hay pocos folículos de tamaño ligero, en mayo se detecta un aumento en el número de los mismos (de 2 a 4 folículos durante el período de gestación a 5 a 12 folículos en mayo). Asimismo, de abril a mayo hay un aumento en el diámetro de los folículos, de 1.4 a 3.5 m (Tabla 6). De mayo a junio el número promedio de folículos permanece relativamente grande. Del mismo modo, durante estos meses, los folículos permanecen relativamente grandes. En algunas hembras de estos meses los folículos presentaron el color amarillo característico de los folículos vitelogénicos (con vitelogenina). El número promedio de folículos vitelogénicos parecen aumentar ligeramente de mayo a junio (si bien es necesario un tamaño de muestra mayor para confirmar esta tendencia). De agosto a septiembre el número de folículos se reduce a 3-4 folículos, y permanecen relativamente pocos hasta noviembre, cuando ocurre la ovulación. Sin embargo, en agosto todas las hembras presentan folículos vitelogénicos (Figura 8) y estos crecen sustancialmente a partir de este mes hasta noviembre (Tabla 6).

Tabla 6. Resúmenes estadísticos del número y diámetro de los folículos. DFOM = Diámetro del folículo ovárico mayor (mm); N = Número de ejemplares examinados.

<b>Mes</b>	<b>No. de Folículos</b>	<b>DFOM</b>	<b>N</b>
Abril	3.0 ± 0.57 (2-4)	1.4 ± 0.27 (0.5 – 1.4)	3
Mayo	8.2 ± 0.90 (5-12)	3.5 ± 0.30 (0.8 – 3.5)	8
Junio	7.1 ± 0.47 (6-10)	3.38 ± 0.26 (1.4 – 3.38)	8
Julio	7.33 ± 0.88 (6-9)	2 ± 0.1 (1.7 - 2)	3
Agosto	3.6 ± 0.2 (3-4)	6 ± 0.1 (5.2 - 6)	7
Septiembre	3.8 ± 0.11 (3-4)	5.7 ± 0.16 (5 – 5.7)	6
Octubre	2.8 ± 0.19 (2-4)	7.8 ± 0.29 (6.3 – 7.8)	7
Noviembre	3	3.4	1

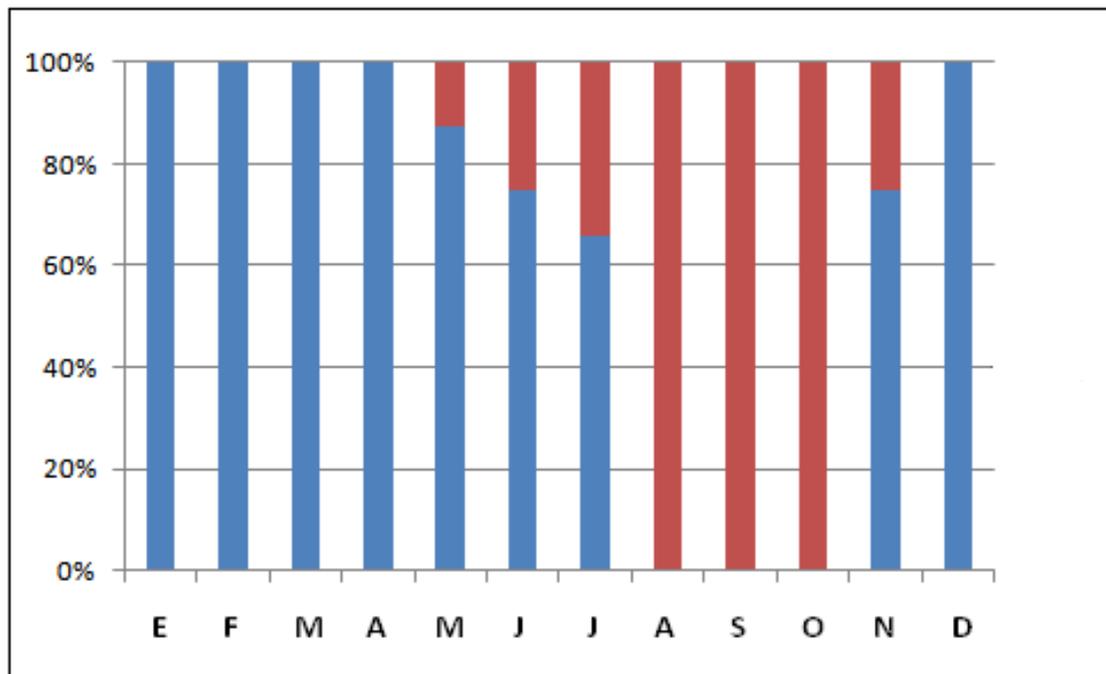


Figura 8. Porcentaje mensual de folículos no vitelogénicos (barras y secciones azules) y folículos vitelogénicos (barras y secciones rojas) de hembras de *Sceloporus anahuacus*.

### Gestación y Tamaño de camada

Las hembras adultas de noviembre a abril tuvieron huevos en el oviducto, salvo un organismo del mes de noviembre que aún no ovulaba. El volumen mensual promedio de los huevos aumentó durante los meses de gestación (Tabla 7). El valor relativamente bajo de abril (misma tabla) se explica por ser de un organismo pequeño, 36.3 mm LHC. Ninguna de las hembras de mayo tuvo huevos en el oviducto. El nacimiento de las crías ocurre de fines de abril a principios de mayo. Este dato también pudo apreciarse por la presencia en campo de un gran número de organismos pequeños en la salida del 22 de mayo. El tamaño promedio (LHC) de las lagartijas de mayo fue  $22.94 \pm 0.46$  (Tabla 3 –la tabla que se encuentra en la sección de tamaño y edad en la madurez).

Todas las hembras con huevos en el oviducto tuvieron cuerpos lúteos. En general, el número de cuerpos lúteos coincidió con el número de huevos en los oviductos (salvo la hembra que aún no ovulaba). En noviembre, cuando ocurre la ovulación, el diámetro de estas estructuras es relativamente grande ( $1.3 \pm 0.5$ ). En diciembre los cuerpos lúteos fueron más pequeños que en noviembre ( $0.9 \pm 0.4$ ). De diciembre a abril no hay variaciones notables en el diámetro de los

cuerpos lúteos. Después del parto disminuyen de rápidamente de tamaño y finalmente desaparecen para mayo (Figura 9).

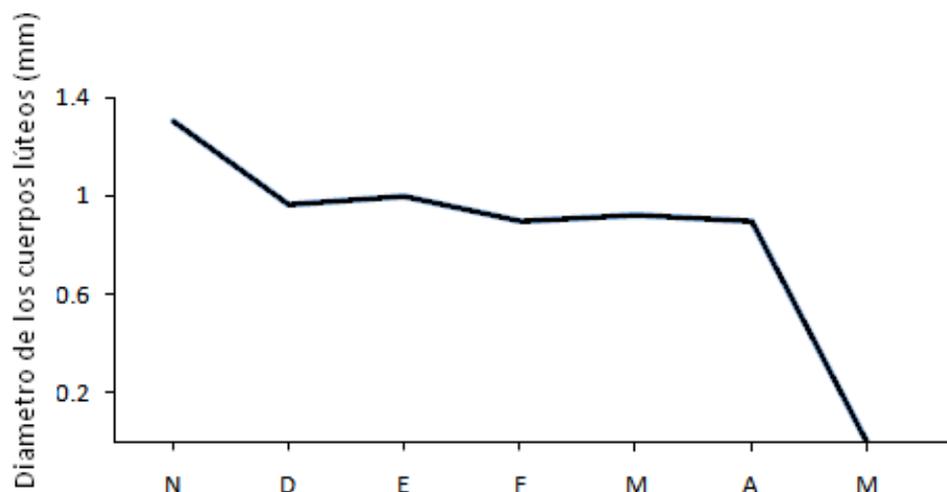


Figura 9. Grafica con los valores medios del diámetro de los cuerpos lúteos, durante el periodo de gestación de *Sceloporus anahuacus*.

El tamaño medio de la camada de *S. anahuacus*, considerando a las hembras con huevos oviductales, fue de  $3.5 \pm 0.19$  (2-7,  $n=48$ ). Un análisis correlación mostró que existe una relación positiva entre la longitud hocico cloaca y el tamaño de camada ( $r^2 = 0.5310$ ;  $p < 0.05$ ). Esto es, hembras más grandes tienden a tener camadas más grandes. La Figura 10 muestra el modelo de regresión para estas variables.

Durante el desarrollo embrionario se detectó un aumento en el peso húmedo promedio de los huevos en oviducto. En total, considerando los meses de noviembre y abril, el aumento de peso húmedo fue de 0.1859 g. El peso seco promedio de los huevos también aumentó durante el período de gestación. En este caso el aumento total en peso (considerando los meses de noviembre y abril) fue de 0.1416 g (Tabla 7). Sin embargo, es recomendable aumentar los tamaños de muestra con el fin cuantificar más confiablemente el aumento en el peso de los huevos del oviducto.

Tabla 7. Peso húmedo y seco de la camada y de los huevos oviductales durante los meses en los que ocurre el desarrollo embrionario. PHUM = Peso húmedo; PSEC = Peso seco; Vol = Volumen del huevo; TCAM = Tamaño de camada. N = Número de organismos analizados. Todos los valores  $\pm$  1 error estándar.

Mes	PHUM (g)	PSEC (g)	Vol (mm <sup>3</sup> )	TCAM	N
Noviembre	0.4 $\pm$ 0.08 (0.24 – 0.47)	-----	104.29 $\pm$ 19.95 (77.28 – 143.25)	2.7 $\pm$ 0.57 (2 - 3)	3
Diciembre	0.26 $\pm$ 0.08 (0.21 – 0.57)	-----	118.92 $\pm$ 11.84 (89.44 – 146.3)	3.5 $\pm$ 0.57 (2 - 4)	4
Enero	0.11 $\pm$ 0.02 (0.22 – 0.41)	0.33 $\pm$ 0.04 (0.25 – 0.38)	140.72 $\pm$ 15.70 (74.84 – 188.49)	2.7 $\pm$ 0.26 (2 - 4)	7
Febrero	0.75 $\pm$ 0.1 (0.54 – 0.93)	0.42 $\pm$ 0.04 (0.31 – 0.50)	174.85 $\pm$ 39.75 (81.64 – 274.46)	3.5 $\pm$ 0.5 (2 - 4)	4
Marzo	0.12 $\pm$ 0.04 (0.52 – 0.75)	0.31 $\pm$ 0.02 (0.28 – 0.40)	241.93 $\pm$ 4.63 (224.31 – 251.45)	2 $\pm$ 0.24 (2 - 3)	5
Abril	0.58	0.47	153.95	2	1

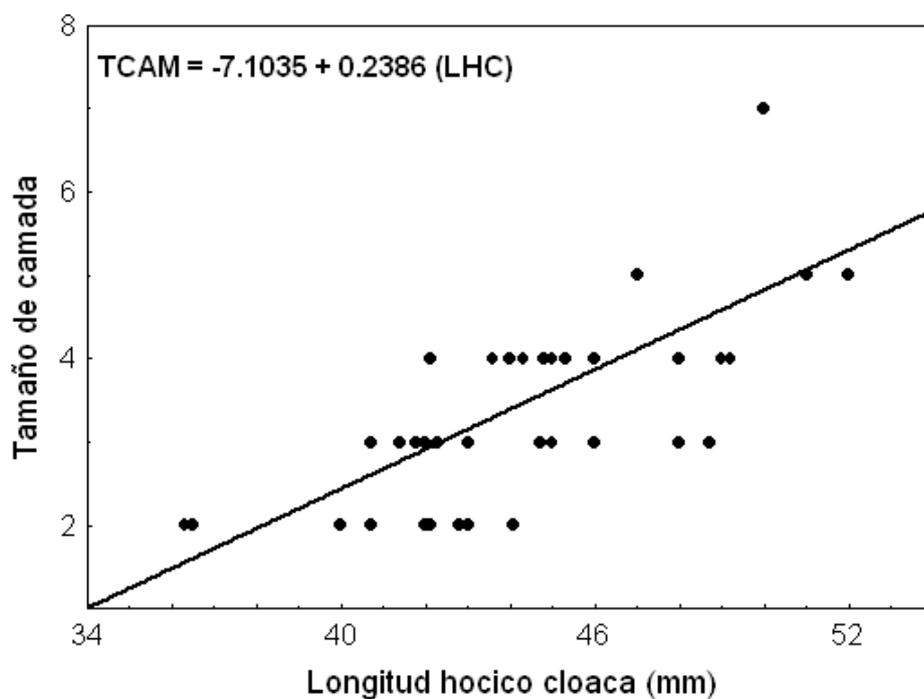


Figura 10. Regresión lineal de los valores de tamaño de camada (TCAM) y longitud hocico-cloaca, (LHC) de *Sceloporus anahuacus*.

## Ciclo de lípidos

El peso de los cuerpos grasos de las hembras varió significativamente a lo largo del período de estudio (Tabla 9). A partir de mayo se detectó un incremento considerable y continuó aumentando hasta alcanzar su peso máximo en julio, luego del cual y hasta octubre, disminuyen notoriamente (ver figura 11). Los valores más bajos del peso de los cuerpos grasos, corresponden con el periodo de mayor actividad gonadal en las hembras, estos valores mínimos se mantienen durante el invierno, periodo que corresponde al desarrollo embrionario (gestación).

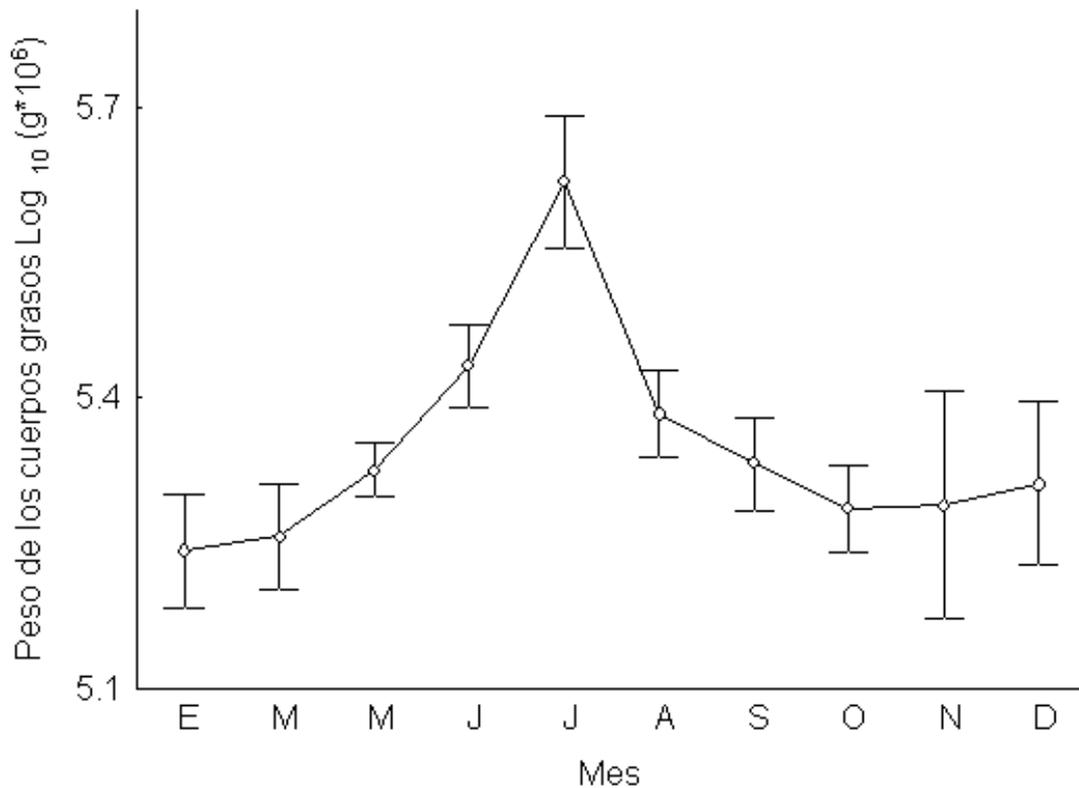


Figura 11. Cambios en los promedios mensuales del peso de los cuerpos grasos en las hembras de *Sceloporus anahuacus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar.

El peso del hígado tuvo fluctuaciones significativas a lo largo del periodo de estudio (figura 12). De mayo a junio incrementa considerablemente, de septiembre a octubre decrece significativamente, en estos meses es cuando alcanzan el valor más alto de actividad gonadal, y de noviembre a diciembre sufre otro decremento importante, este último bimestre coincide con el inicio de periodo de gestación en las hembras.

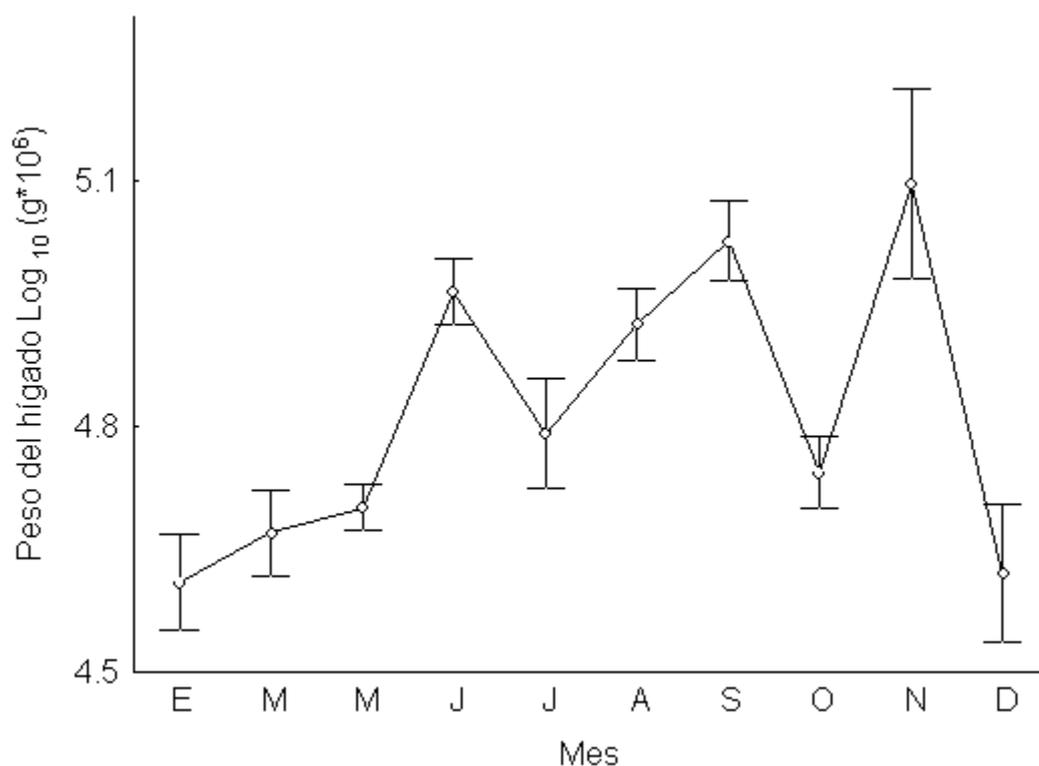


Figura 12. Valores medios del peso del hígado (Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar) en hembras de *Sceloporus anahuacus*, Valle del Tezontle, México.

El peso del contenido estomacal varió significativamente entre los meses de estudio (Figura 13). Es relativamente bajo de diciembre a mayo. De mayo a Julio, cuando ocurre el crecimiento de los cuerpos grasos, el peso fue considerablemente más alto. En agosto, el peso del contenido estomacal es bajo, similar al peso que tuvo durante los meses de gestación. Este peso bajo de

agosto coincidió con una disminución sustancial en el peso de los cuerpos grasos (Figura 11). De septiembre a noviembre el peso de los cuerpos grasos varía pero se mantiene relativamente alto.

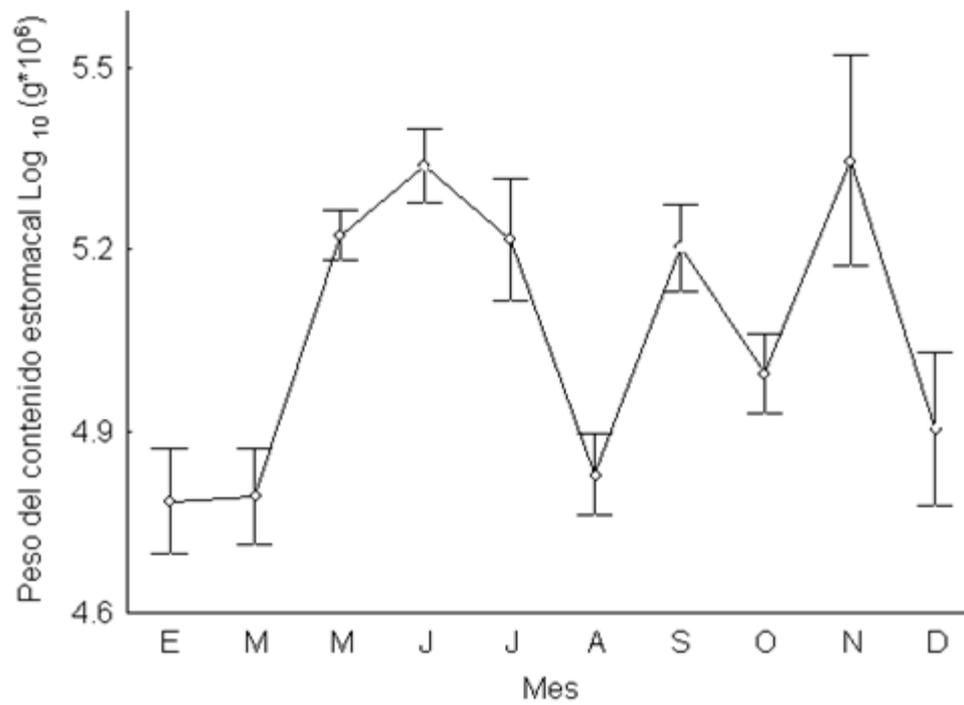


Figura 13. Variación mensual del contenido estomacal en hembras de *Sceloporus anahuacus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar.

## Ciclo reproductivo y de lípidos de los machos

El ANMUCOVA detectó diferencias significativas mensuales en los valores conjuntos de las variables dependientes: Peso de los cuerpos grasos (PCGR) y peso de los testículos (PTEST) (Tabla 8). No así entre los promedios mensuales de los pesos del cuerpo eviscerado (PCEV), del hígado (PHIG) y del contenido estomacal (PEST) (Tabla 9).

Tabla 8. Valores de  $F$ , grados de libertad ( $gl$ , asociados a la hipótesis y al error) y significancia ( $p$ ) para el ANMUCOVA. Únicamente se muestran los parámetros que permiten determinar si hubo o no diferencias significativas entre los valores mensuales conjuntos de las variables dependientes.

<b>Prueba</b>	<b><math>F</math></b>	<b><math>gl</math></b>	<b><math>p</math></b>
Pillai's	2.3	50, 185	0.000
Wilks'	3.0	50, 153	0.000
Hotelling's	4.2	50, 157	0.000
Roy's Largest Root	5.0	10, 37	0.000

Tabla 9. Valores de  $F$ , grados de libertad ( $gl$ ) y significancia ( $p$ ) para cada una de las variables dependientes. Únicamente se muestran los parámetros que permiten determinar si hubo o no diferencias significativas entre los valores mensuales de las variables.

<b>Variable</b>	<b><math>F</math></b>	<b><math>gl</math></b>	<b><math>p</math></b>
PCEV	1.5	10	0.162
PTEST	14.4	10	0.000
PHIG	1.0	10	0.389
PCGR	2.2	10	0.039
PEST	1.2	10	0.287

## Ciclo testicular

El ciclo reproductivo de machos de *Sceloporus anahuacus* se describe a partir de 48 organismos, que presentaron una talla mayor o igual a la talla mínima en la que se alcanza la madurez sexual (36.7 mm). El peso del testículo derecho aumenta ligeramente de peso de enero a mayo. En junio y julio los testículos continúan aumentando de peso. Sin embargo, en estos dos meses el crecimiento es más pronunciado (Figura 14). En agosto el peso testicular disminuye drásticamente. En los siguientes meses, de septiembre a octubre, parece disminuir aún más y permanece así durante noviembre y probablemente diciembre.

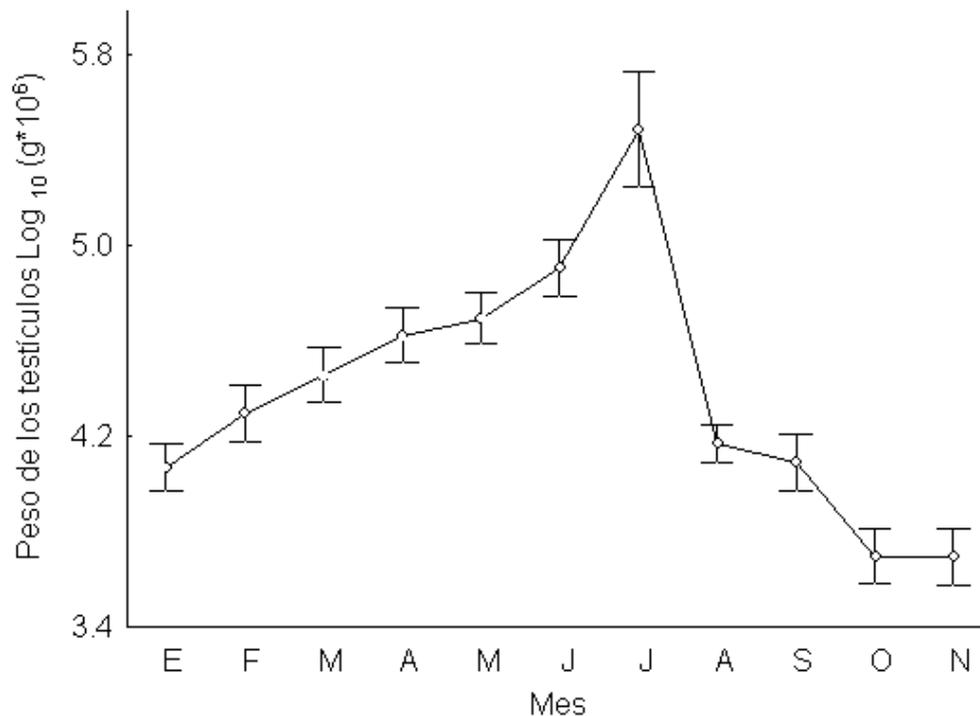


Figura 14. Valores medios mensuales  $\pm 1$  error estándar, del peso del testículo derecho de *Sceloporus anahuacus*.

El peso promedio mensual de los cuerpos grasos de los machos también mostró variaciones significativas durante los meses de estudio (Tabla 9). Solamente se observó un incremento significativo en el peso de los cuerpos grasos. Este ocurrió de mayo a junio (Figura 15). Después de este mes el peso decreció de forma considerable (de junio a julio).

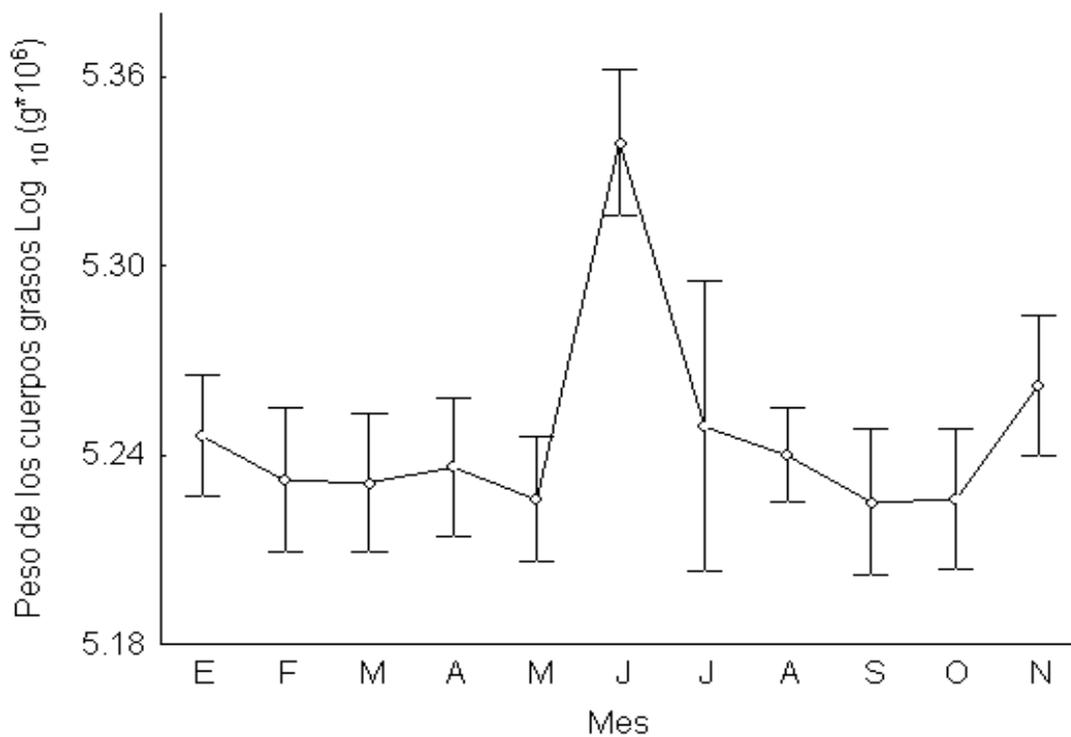


Figura 15. Valores medios mensuales del peso de los cuerpos grasos de *Sceloporus anahuacus*. Las líneas verticales indican  $\pm 1$  error estándar.

## Discusión de Resultados

### Dimorfismo sexual

La población estudiada mostró dimorfismo sexual en tamaño y peso corporal. El dimorfismo sexual en tamaño (y por lo tanto en peso), ha sido bien documentado para este (Fitch, 1978) y otros géneros de lagartijas frinosomátidas (Fitch, 1981). El tamaño corporal grande puede ser mantenido por selección sexual. Es decir, los machos de tallas grandes pueden ser elegidos por las hembras para propósitos de apareamiento y esto le conferiría una ventaja reproductiva en comparación con los machos más pequeños (Stamps, 1983 y Shine, 1989). Asimismo, en especies territoriales, los machos más grandes pueden defender su territorio y luchar por este, con mayor éxito que un macho más pequeño, (Ruby, 1981). Una alternativa más, es que las variaciones de tamaño estén asociadas a diferencias en la supervivencia (Dunham, 1981).

Además del dimorfismo sexual de talla y peso, Los organismos estudiados presentaron variaciones en el patrón de coloración ventral, entre machos y hembras. La coloración ventral de lagartijas, a menudo en forma de parches (caso particular de los machos de estudio), está asociada con señales de reproducción, cortejo y territorialidad (Lemos-Espinal *et al.*, 1996).

Los machos de este estudio presentaron tres morfos claramente distinguibles. Además, un macho presentó un patrón de coloración característico de las hembras. Es posible que el patrón de coloración pueda servir como un signo de dominancia social (Thompson y Moore, 1991). Un estudio de Hamilton y Sullivan (2004) con otro frinosomátido, (*Urosaurus ornatus*) sugiere que la elección de pareja por parte de las hembras esta asociada, entre otros factores, a la intensidad del color de los parches ventrales del macho. Este factor, puede ser el que justifique las distintas tonalidades observadas de los machos de este estudio.

En las hembras es difícil evaluar la coloración ventral. Si bien se detectaron tres morfos distintos no es posible inferir con algún grado de confianza alguna función dentro de la población. La razón es que no se registraron de manera sistemática datos acerca del patrón de coloración. Sería interesante conocer si diferentes categorías de edad también presentan los morfos detectados o si son característicos de los organismos adultos. Hasta fecha no se ha reportado

dimorfismo sexual en color similar al encontrado en este trabajo (con variación en color dentro de cada sexo).

### **Talla a la madurez sexual**

Los machos de *Sceloporus anahuacus* alcanzaron la talla de madurez sexual a los 36.7 mm de LHC, mientras que las hembras sexualmente maduras tenían al menos 36.3 mm de LHC. La madurez sexual temprana en lagartijas de vida corta es bien conocida (Dunham *et al.*, 1988) los valores morfométricos de organismos neonatos, colectados durante este estudio, sugieren que *S. anahuacus* alcanzan la talla de madurez sexual en el primer año de vida, de manera similar al de otras lagartijas de talla pequeña del mismo género, (*S. aeneus* y *S. bicanthalis*, Manríquez-Morán, 1995; *S. jalapae*, González-Espinoza, 2006; *S. grammicus*, Jiménez-Cruz, 2007), dado que su nacimiento coincide con el aumento de lluvias, y en consecuencia la disponibilidad de alimento se incrementa, aprovechan esta época para aumentar su talla.

### **Ciclo reproductivo en hembras**

La actividad máxima gonadal de las hembras inicia cuando la temporada de lluvias disminuye, (ver figura 7). El desarrollo vitelogénico ocurre durante los meses de otoño y la fertilización se da en el mes de noviembre cuando comienzan a ser apreciables los huevos. El periodo de gestación se lleva a cabo en los meses de invierno. En el mes de mayo inician los nacimientos de las crías. Este patrón reproductivo de tipo otoñal es similar al de otras poblaciones de lagartijas del complejo *grammicus* (*S. grammicus disparilis*, Guillette y Bearce, 1986; *S. grammicus microlepidotus*, Guillette y Casas-Andreu, 1981; *S. grammicus*, Méndez-de la Cruz, 1988; *S. grammicus*, Jiménez-Cruz, 2007) y al de otras especies de montaña con crianza otoñal: *S. torquatus* (Feria-Ortiz *et al.*, 2001), *S. mucronatus* (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1988) *Eumeces copei* (Ramírez-Bautista *et al.*, 1996) y *E. lynxe* (Ramírez-Bautista *et al.*, 1998).

Las hembras almacenan energía en forma de cuerpos grasos de mayo a septiembre, meses en los que se ve la máxima acumulación de estas estructuras (Figura 7), pero en el mes en que inicia la vitelogénesis (octubre) los lípidos almacenados disminuyen significativamente. Este patrón es

parecido al de otras especies de crianza otoñal (*S. grammicus disparilis*, Guillette y Bearce, 1986; *S. g. microlepidotus*, Guillette y Casas-Andreu, 1981; *S. jarrovi*, Goldberg, 1972; *S. grammicus*, Jiménez-Cruz, 2007).

La relación negativa entre el desarrollo gonadal de las hembras y la masa de los cuerpos grasos durante la estación reproductiva (Figura 7), sugiere un alto costo energético para dicha actividad. Los lípidos en los cuerpos grasos de *Sceloporus anahuacus* pueden ser usados para la vitelogénesis, como lo sugieren trabajos previos, (Hahn y Tinkle, 1967; Derickson, 1976; Guillette, 1982; Guillette y Sullivan, 1985; Feria-Ortiz, *et al.*, 2001; Ramírez-Bautista *et al.*, 2002; Jiménez-Cruz *et al.*, 2005; Jiménez-Cruz, 2007; Ramírez-Bautista *et al.*, 2009)

### **Ciclo reproductivo en machos**

La actividad gonadal de los machos es marcadamente estacional y tiene su punto más alto en el mes de julio, decreciendo abruptamente en agosto, el incremento en la masa gonadal coincide con la llegada de las lluvias (ver figura 9). Aunque no existió una correlación con la temperatura, tal vez la suma de ambos factores colabore para que se de la actividad gonadal, como ocurre con otras especies (Marion, 1982; Ramírez-Bautista y Vitt, 1997). Este patrón de actividad reproductiva de *Sceloporus anahuacus*, es semejante al de otras poblaciones del complejo *grammicus* (Guillette y Casas-Andreu, 1980; Guillette y Bearce, 1986; Jiménez-Cruz *et al.*, 2005; Ramírez-Bautista *et al.*, 2005; Jiménez-Cruz, 2007) y al de *S. jarrovii* (Ramos-Flores, 2003). Aunque difiere considerablemente de otras poblaciones, como en el caso de *S. grammicus* (Ríos-Pérez, 2005) en el estado de Oaxaca, donde la actividad es de agosto a septiembre, aunque el ciclo reproductivo, se describe también como otoñal.

El desfase de máxima actividad gonádica de machos y hembras, indica un tipo de reproducción disociada, y es similar al de otras poblaciones que habitan ambientes semejantes (*S. g. disparilis*, Guillette y Bearce, 1985; *S. formosus*, Guillette y Sullivan, 1985; *S. mucronatus*, Méndez-de la Cruz *et al.*, 1988; *Eumeces copei*, Ramírez-Bautista *et al.*, 1996; *E. Lynxe*, Ramírez-Bautista *et al.*, 1998) En el cual la actividad gonádica de machos y hembras no está sincronizada.

Este patrón puede aludir dos cosas, la primera que los machos guarden los espermias en los testículos o en el epidídimo, o que las hembras tengan un tracto o espermateca en la que almacenen los espermias para que en la ovulación sean fecundados.

### **Tamaño de camada**

El tamaño de camada de *Sceloporus anahuacus* estuvo correlacionado positivamente con la LHC de la hembras. Esta relación es consistente con otras especies del complejo *grammicus* (Guillette y Casas-Andreu, 1980; Guillette y Bearce, 1986; Lemos-Espinal *et al.*, 1998; Ramírez-Bautista *et al.*, 2005 y Maciel-Mata, 2005) y con otras del género *Sceloporus*, tanto ovíparas como vivíparas (Guillette, 1981; Guillette y Sullivan, 1985; Guillette y Bearce, 1986; Feria-Ortiz, 1986 y Ríos-Pérez, 2005). Sin embargo, difiere de otras especies vivíparas de montaña, con reproducción otoñal, en las que el incremento de LHC, no se refleja en un aumento del tamaño de camada (Ramírez-Bautista *et al.*, 1996, 1998).

El tamaño de camada promedio en *S. anahuacus* (3.5) resulta relativamente bajo y puede estar justificado con la talla pequeña de la hembra, y factores ecológicos como el clima o la disposición de alimento (Fitch, 1970). Este valor, es muy semejante al de otras poblaciones de montaña y talla pequeña del complejo *grammicus* (3.64, Lemos-Espinal *et al.*, 1998; 3.31, Lemos-Espinal *et al.*, 1998; 3.51, Méndez-de la Cruz, 1988) y otras especies del género *Sceloporus* (*S. gadoviae* (3.6), Lemos-Espinal *et al.*, 1999). En las primeras la similitud del tamaño de camada puede estar justificada, tanto por factores filogenéticos, especies cercanamente emparentadas, como por la semejanza de hábitats (montaña en todos los casos). Mientras que con *S. gadoviae*, parece deberse más a relaciones de parentesco. Por otro lado, la época de estío, alrededor de siete meses (ver figura 3), puede reducir el almacenamiento de grasa corporal, que es necesaria para el desarrollo de la camada (Gadsden-Esparza, 2006) y con lo que esta tendería a ser relativamente pequeña.

## Ciclos gonadales y su relación con algunos factores externos

En los machos de *Sceloporus anahuacus*, el incremento de la actividad gonadal estuvo relacionado con los valores mensuales más altos de precipitación (ver figura 3) no así con la temperatura. En contraste, se ha visto en otros estudios (Litch y Gorman, 1970; Gorman y Litch, 1974; Marion, 1982) que estos factores son importantes en la reproducción de los machos.

El valor de la masa del contenido estomacal fluctuó a lo largo del estudio (ver figura 10) tuvo un decrecimiento importante en el mes de julio (mes de mayor actividad gonadal) y sus valores más bajos se presentaron en los meses de invierno, cuando el alimento resulta escaso. Sin embargo, dichas variaciones no parecen influir en el ciclo gonadal de los machos.

El punto más alto de ciclo gonadal de las hembras estuvo relacionado con la temperatura del mes más cálido, pero no con la precipitación. La variación de respuesta hacia factores externos, entre machos y hembras de *Sceloporus anahuacus*, puede ser la razón por la que presentan actividad reproductiva de tipo asincrónico. En otras especies de lagartijas (Guillette y Casas-Andreu, 1980; Méndez-de la Cruz *et al.*, 1998; Jiménez-Cruz, 2007) se ha observado una disparidad parecida, en el inicio de la actividad reproductiva, lo que sugiere que machos y hembras responden a distintos factores ambientales.

Los datos obtenidos del contenido estomacal, sugieren que las hembras experimentan un decremento significativo en la cantidad de éste durante la preñez (ver figura 8). Esto puede deberse a la poca disponibilidad de alimento durante los meses de invierno. Coincidentemente la masa de los cuerpos grasos se ve disminuida en esta misma época, lo cual puede sugerir que ocupan esta energía almacenada para su manutención así como para la de sus embriones. Lo anterior, en caso de resultar cierto, implicaría que en la yema no están todos los nutrimentos necesarios para la maduración y crecimiento de los huevos, como ocurre en otras especies vivíparas de este género (Feria-Ortíz, 1986; Méndez-de la Cruz *et al.*, 1998 y Jiménez-Cruz, 2007). A pesar de la disminución de la masa de los cuerpos grasos, dichas estructuras, como en el caso de otras especies (*S. cyanogenys*, *Xantusia virgilis*, Guillette y Jones, 1985; *S. t. torquatus*, Feria-Ortiz, 1986) permanecen visibles durante el periodo de preñez.

Los cuerpos lúteos de *Sceloporus anahuacus*, fueron visibles a lo largo del desarrollo embrionario; esto sugiere, como ocurre con otras especies del mismo género (*S. cyanogenys*, Callard *et al.*, 1972; *S. grammicus* y *S. mucronatus*, Villagrán-Santa Cruz, 1989; *S. bicanthalis*, Manríquez-Morán, 1995) que la progesterona que sintetiza esta estructura a lo largo de la gestación es importante para que los embriones sean mantenidos dentro del útero de la madre.

Por otro lado la disminución del diámetro del cuerpo lúteo, al final del desarrollo embrionario (ver figura 6) observado ya en otras especies (Guillette, 1981; Manríquez-Morán, 1995; Villagrán-Santa Cruz, 1989) hasta que finalmente ocurre la reabsorción obedece a los requerimientos endócrinos que aporta esta estructura y que son necesarios solo hasta que ocurre el parto.

## CONCLUSIONES

La población estudiada de *Sceloporus anahuacus* mostró dimorfismo sexual, los machos son más grandes y pesados que las hembras, en éstas existe variación en el color ventral, pero es factible asegurar la ausencia en el 100% de hembras de parches ventrales azules, carácter que los muestreos sugieren es privativo de los machos.

Los machos maduran a los 36.7 mm de LHC, mientras que las hembras alcanzan la madurez sexual a los 36.3 mm. *Sceloporus anahuacus* es una especie que madura sexualmente alrededor del cuarto mes de haber nacido.

*Sceloporus anahuacus* presenta un ciclo reproductivo otoñal, disociado, esto es, las hembras ovulan en otoño (octubre) la gestación se da en los meses de invierno y las crías nacen a partir de mayo. Por otro lado los machos tienen su punto de actividad gonadal más alto en julio, mes en que se aparean con las hembras. Lo anterior sugiere que las hembras almacenan el esperma en su tracto, hasta que ocurre la ovulación.

En ambos sexos los cuerpos grasos decrecen significativamente antes de la máxima actividad gonadal, muy probablemente usados, con fines reproductivos. Las fluctuaciones del peso del hígado no parecen estar asociadas directamente con el ciclo gonadal, en ninguno de los sexos.

El tamaño medio de camada de *Sceloporus anahuacus*, fue 3.5 (2-7) y estuvo relacionado positivamente con la LHC de las hembras, es decir que hembras más grandes tienen la posibilidad de producir más crías por evento reproductivo.

La precipitación parece ser el principal factor externo que motiva la actividad reproductiva, los valores medios mensuales de contenido estomacal no parecen estar relacionados con dicha actividad, obedecen más bien, en el caso de los valores mínimos, a la poca disposición de alimento en los meses secos.

## Bibliografía Citada

- Ávila-Bocanegra, L. E. 2004. Ecología térmica de una población de la lagartija *Sceloporus anahuacus* (Sauria: Iguanidae) que ocurre en el Noroeste del estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.
- Ballinger, R. E. 1973. Comparative Demography of Two Viviparous Iguanid Lizards (*Sceloporus jarrovi* and *Sceloporus poinsetti*). *Ecology* 54:269-283.
- Benabib, M. 1991. Life history and ecology of *Sceloporus variabilis* in Los Tuxtlas, Veracruz, México. Ph. D. University of Georgia. USA.
- Benitez-Badillo G. 1986. Arboles y flores del Ajusco. Instituto de Ecología. Museo de Historia Natural de la Ciudad de México. México.
- Callard, I. P., C. G. Bayne y W. F. McConnell. 1972. Hormones and reproduction in the female lizard *Sceloporus cyanogenys*. *Gen. Comp. Endocrinol., Suppl.* 3:65-75.
- Derickson, W. K. 1976. Lipid Storage and Utilization, *Amer. Zool.* 4:711-723
- Di Maggio, III, y A., Dessauer, H. C. 1963. Seasonal changes in glycose tolerance and glycogen disposition in a lizard. *Am. J. Physiol.* 204:667-680.
- Dubai, D., L. J. Gillette, Jr. y R. E. Jones. 1982. *Biology of the Reptilia*. Vol. 13. C. Gans y H. Pough (eds.). Academia Press. New York.
- Duellman, E.W. 1962. Directions for preserving amphibians and reptiles. *Univ. Kans. Mus. Nat. Hist., Mis. Publ.* 30:37-40.
- Dunham, A. E. 1981. Populations in a fluctuating environment: the comparative population ecology of the iguanid lizard *Sceloporus merriami* and *Urosaurus ornatus*. *Univ. Mich. Mus. Zool. Mis. Publ.* 158:1-62.
- Dunham, A. E., D. B. Miles y D. N. Reznick. 1988. Life History Patterns in Squamate Reptiles. pags. 441-511 *In Biology of Reptiles*. (C. Gans, ed.) Vol. 16, Defense and life history. *Academic Press, New York*.
- Feria-Ortíz, M. 1986. Contribución al conocimiento del ciclo de vida de *Sceloporus torquatus torquatus* (Lacertilia, Iguanidae) al sur del Valle de México. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza. UNAM. México.
- Feria-Ortiz, M., A. Nieto-Montes de Oca, e I. H. Salgado-Ugarte. 2001. Diet and reproductive biology of the viviparous lizard *Sceloporus torquatus* (Squamata: Phrynosomatidae). *J. Herpetol.* 35:104-112.

- Fitch, H. S. 1970. Reproductive cycles in lizards and snakes. Univ. Kans. Mus. Nat. Hist. Mis. Publ. 52:1–247.
- Fitch, H. S. 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. Univ. Kans. Sci. Bull. 51: 441-461.
- Fitch, H. S. 1980. *Thamnophis sirtalis*. Cat. Amer. Amphibians and Reptiles 270.
- Fitch, H. S. 1981. Sexual size differences in reptiles. Univ. Kan. Mus. Nat. Hist. Mis. Publ. 70:1–72.
- Fox, H. 1977. The urogenital System of Reptiles. In: Gans, C. y T. S. Parsons (Eds.) Biology of the Reptilian. Morphology. E. Academia Press 6:1-247.
- Gadsden-Esparza, H. 2006. Demografía e historias de vida en saurios. *Ciencia ergo sum*. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. 13:183-191.
- García, E. 1997. Datos de la Carta de Climas Hoja México, según el sistema Climático de Köppen modificado por la autora. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Estadigrafía. S.A. de C.V. México.
- García-Berthou, E. y R. Moreno-Amich. 1993. Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. Can. J. Fish Aquat. Sci. 50:1394–1398.
- Gillis, R. y Ballinger R.E. 1992. Reproductive ecology of red-chinned lizards (*Sceloporus undulatus erythrocheilus*) in southcentral Colorado: Comparisons with others populations of a wide-ranging species. *Oecologia* 89:236-243.
- Goldberg, S. R. 1972. Seasonal weight and cytological changes in the fat bodies and liver of the iguanid lizard *Sceloporus jarrovi*. *Copeia*. 2:227-232.
- González-Espinoza, J. E. 2006. Ecología Reproductiva de *Sceloporus jalapae* (Reptilia, Phrynosomatidae) en Zapotitlan Salinas, Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.
- Gorman, C. y P. Licht. 1974. Seasonality in ovarian cycles among tropical *Anolis* lizards. *Ecology* 55:360-369.
- Guillette, L. C., Jr., 1981. Reproductive Strategies and the Evolution of Viviparity in Two Allopatric Populations of the Mexican Lizard, *Sceloporus aeneus*. Boulder. Tesis Doctoral. Universidad de Colorado. USA.
- Guillette, L. C., Jr., 1982. The evolution of viviparity and placentation in the high elevation, Mexican lizard *Sceloporus aeneus*. *Herpetologica* 38:94-103.
- Guillette, L. C., Jr. y D. Bearce. 1986. Reproductive and fat body cycle in the lizard *Sceloporus grammicus disparilis*. *Trans Kansas Acad. Sci.* 89:31-39.

- Guillette, L. C., Jr., y G. Casas-Andreu. 1980. Fall reproductive activity in the high altitude Mexican lizard *Sceloporus grammicus microlepidotus*. J. Herpetol. 14:143-147.
- Guillette, L. C., Jr., y G. Casas-Andreu. 1981. Seasonal variation in fat body weights of the Mexican high elevation lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. J. Herpetol. 15:366-371.
- Guillette, L. C., Jr., y G. Casas-Andreu. 1987. The reproductive biology of the high elevation Mexican lizard, *Barisia imbricata*. Herpetologica 43:29-38.
- Guillette, L.J., Jr., y F.R. Méndez-de La Cruz. 1993. The reproductive cycle of the viviparous Mexican lizard *Sceloporus torquatus*. J. Herpetol. 27:168-174.
- Guillette, L. J., Jr., y R. E. Jones. 1985. Ovarian, Oviductal, and Placental Morphology of the Reproductive Bimodal Lizard *Sceloporus aeneus*. J. Morphol. 184:85-98.
- Guillette, L. C., Jr., y W. P. Sullivan. 1985. The reproductive and fat body cycles of the lizard *Sceloporus formosus*. J. Herpetol. 15:366-371.
- Guillette, L. J., Jr., S. Speilvogel y F. L. Moore. 1981a. Luteal Development, Placentation and Plasma Progesterona Concentration and Gestation in the Lizard *Anolis carolinensis*. Comp. Biochem. Physiol. 80:303-306.
- Guillette, L. C., Jr., S. Speilvogel y F. L. Moore. 1981b. Luteal Development, Placentation and Plasma Progesterona concentration in the Viviparous Lizard *Sceloporus jarrovi*. Gen. Comp. Endocrinol. 43:20-29.
- Hahn, W. E. 1967. Estradiol-induced vitellinogenesis and concomitant fat mobilization in the lizard *Uta stansburiana*. Comp. Biochem. Physiol. 23-83-93.
- Hahn, W. E., y D. W. Tinkle. 1967. Fat body cycling and experimental evidence for its adaptative significance to ovarian follicle development in the lizard *Uta stansburiana* J. Exptl. Zool. 158:79-86.
- Hamilton, P. S. y B. K. Sullivan. 2004. Female mate attraction in ornate tree lizards, *Urosaurus ornatus*: a multivariate analysis. Anim. Behav. 69:219-224.
- Hernández-Gallegos, Oswaldo. 1995. Estudio del patrón reproductor de los machos de dos especies emparentadas con distinto modo reproductor. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Jiménez-Cruz, E. 2007. Ciclo y características reproductivo de una población de la lagartija *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) de Teotihuacán, Edo. De México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México.
- Jiménez-Cruz, E., A. Ramírez-Bautista, J. C. Marshall, M. Lizana-Avia y A. Nieto- Montes de Oca. 2005. Reproductive cycle of *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Teotihuacan, México. Southwestern Natur. 50:178-187.

Jones, R. E y Guillette, L. J. Jr. 1982. Hormonal Control of Oviposition and Parturition in Lizards *Herpetologica* 38:80-93.

Lara-Góngora, G. 1983. Two new species of the lizard genus *Sceloporus* (Reptilia, sauria, iguanidae) from the Ajusco and Ocuilan Sierras, México. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*. 1:1-14.

Leyte-Manrique, A., U. Hernández-Salinas, E. Chávez-Calzada, M. del Carmen Sánchez, J.C.Marshall, y A. Ramírez-Bautista. 2005. El complejo *Sceloporus grammicus* un grupo de lagartijas en especiación. *Boletín de la Sociedad Herpetológica de México* 14:18-24.

Lemos-Espinal, J.A., Smith, G.R., y Ballinger, R.E. 1996. Ventral Blue Coloration and Sexual Maturation in Male *Sceloporus gadoviae* Lizards. *Shorter Communications. J. Herpetol.* 30:546-548.

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

Licht, P. Reptiles Pp. 206-231 In G. E. Laming (Ed.). *Marshall's Physiology of Reproduction. Vol. I: Reproductive Cycles of Vertebrates*. Churchill Livingstone, N.Y.

Licht, P. y G. C. Gorman. 1970. Reproductive and Fat Cycles in Caribbean *Anolis* Lizard. *Univ. Calif. Publ. Zool.* 95:1-52.

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. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.

Marion, K. R. 1982. Reproductive cues for gonadal development in temperature and photoperiod effects on the testicular cycles of the lizard *Sceloporus undulatus*. *Herpetologica* 38:26–39.

Mardocheo-Palma S. Cram, G. Bocco y A. Velásquez. 1999. Caracterización abiótica de la región de montaña del sur de la Cuenca de México. En Velásquez A. Y F. Romero (Comp.). *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México*. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Manríquez-Morán, N. L. 1995. Estrategias reproductoras en las hembras de dos especies hermanas de lacertilios: *Sceloporus aeneus* y *S. bicanthalis*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Méndez-de la Cruz, F.R., 1988. Estudio comparativo de la reproducción, tipología y aloenzimas de dos poblaciones cercanas de *Sceloporus grammicus* (Reptilia: Iguanidae) de la Sierra de Ajusco, México. Tesis de Doctorado en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

- Méndez-de La Cruz, F.R., y M. Villagrán-Santa Cruz. 1983. Contribución al conocimiento de la Ecología y Ciclo Reproductor de la Lagartija vivípara *Sceloporus mucronatus mucronatus*. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. México.
- Méndez-de La Cruz, F.R., y M. Villagrán-Santa Cruz. 1998. Reproducción asincrónica de *Sceloporus palaciosi* (Sauria: Phrynosomatidae) en México, con comentarios sobre sus ventajas y regulación. *Revista de Biología Tropical* 46:1159–1161.
- Méndez-de la Cruz, F. R., M. Villagrán Santa Cruz y R. M. Andrews. 1998. Evolution of viviparity in the lizards genus *Sceloporus*. *Herpetológica* 54:521-532.
- Méndez-de la Cruz, F. R., L. J. Guillette, M. Villagrán Santa Cruz y G. Casas-Andreu. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard, *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). *J. Herpetol.* 22:1-12.
- Orr, R. T. 1978. *Biología de los Vertebrados*. Interamericana. México. 545 pp.
- Pough, F. H., Andrews R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitzky A. H. y Wells, K. D. (2004) *Reproduction and Life Histories of Reptiles*. In *Herpetology* (eds.) (Eds L. Collen, T. R. Chung y S. L. Snavely), pags. 335-337. London, England. Ed. Pearson Prentice Hall.
- Pacheco-Coronel, N. 2006. Estudio comparativo de la carga parasitaria y hábitos alimentarios de cuatro especies de lagartijas simpátricas de la comunidad de Monte Alegre, Ajusco, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Ramírez-Bautista, A. 1995. Demografía y reproducción de la lagartija arborícola *Anolis nebulosus* de la Región de Chamela, Jalisco. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Ramírez-Bautista, A., y G. Gutiérrez-Mayén. 2003. Reproductive ecology of *Sceloporus utiformis* (Sauria: Phrynosomatidae) from a tropical dry forest of México. *J. Herpetol.* 37:1-10.
- 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.
- Ramírez-Bautista, A., J. Barba-Torres y L. J. Vitt. 1998. Reproductive cycle and brood size of *Eumeces lynxe* from Pinal de Amoles. Queretaro, México. *J. Herpetol.* 32:18-24.
- Ramírez-Bautista, A., C.A. Maciel-Mata, y M.A. Martínez-Morales. 2005. Reproductive cycle of the viviparous lizard *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from Pachuca, Hidalgo, México. *Acta Zoologica Sinica* 51:998–1005.
- 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, México. *J. Herpetol.* 36:225-233.

- Ramírez-Bautista, A., L. J. Guillette, Jr. G. Gutiérrez-Mayén, y Z. Uribe-Peña. 1996. Reproductive biology of the lizard *Eumeces copei* (Lacertilia: Scincidae) from the Eje Neovolcánico, México. Southwest. Natur. 41:103-110.
- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Ramos, D., Rojas-Martínez, A. y C. Marshall, J. 2009. Fat bodies and liver mass Cycles in *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from southern Hidalgo, México. Herpetological Conservation and Biology 2:164-170.
- Ramírez-Bautista, A., V. H. Luja, C. Balderas-Valdivia y R. Ortiz-Pulido. 2006. Reproductive Cycle of male and female spiny lizards, *Sceloporus melanorhinus*, in a tropical dry forest. Southwestern Natur. 2:157–162
- Ramírez-Sandoval, E., A. Ramírez-Bautista, y L. J. Vitt. 2006. Reproduction in the lizard *Phyllodactylus lanei* (Squamata: Gekkonidae) from the Pacific Coast of Mexico. Copeia 1:1–9.
- Ramos-Flores, O. 2003. Ecología reproductiva de dos poblaciones de la lagartija vivípara *Sceloporus jarrovi* (Squamata: Phrynosomatidae) en el municipio Gualcazar S.L.P. Tesis de Licenciatura Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.
- Richmond, J. Q. y Reeder, T. W. 2002. Evidence for parallel ecological speciation in scincid lizards of the *Eumeces skiltonianus* species group (Squamata: Scincidae). Evolution. 7:1498-1513.
- Ríos-Pérez, A.D. 2005. Ciclo reproductivo de las hembras y los machos de la lagartija vivípara *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) en una población del norte de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.
- Ruby, D. E. 1981. Phenotypic correlates of male reproductive success in the lizard, *Sceloporus jarrovi*. 96–197. in Natural selection and social behavior. Alexander, R. D. and D. W. Tinkle, editors. New York Chiron Press.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa.
- Salgado-Ugarte, I. H. 1995. Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* in Tokyo Bay. Tesis de doctorado en Biociencia Acuática. Facultad de Agricultura de la Universidad de Tokio, Tokio, Japón.
- Salgado-Ugarte, I. H., J. L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. FES Zaragoza y DGAPA (PAPIME EN221403), 240 p. (10 capítulos, 5 apéndices). I.S.B.N. 970-32-3120-9
- Shine, R. 1985. The Evolution of Viviparity in Reptiles: An Ecological Analysis. In Biology of the Reptilia (eds. C Gans & F. Billet). 15:605-694. New York, Academic Press.

- Shine, R. 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *Quarterly Review of Biology* 64:419–461.
- Smith, H. M. y E. H. Taylor. 1966. Herpetology of Mexico. Annotated checklist and keys to the amphibians and reptiles. A reprint of the bulletins 187, 194 and 199 of the U. S. Nat. Mus. with list of subsequent taxonomic innovations. Eric Lundberg, An Ashton, Maryland.
- Smith, G. R. y Lemos-Espinal, J. A. 2005. Comparative Escape behavior of four Species of mexican Phrynosomatid Lizards. *Herpetologica* 3:225-232.
- SPSS, Inc. 1988. SPSS-X User's guide (3ra Ed.) Chicago, Illinois. EEUU.
- Stamps, J.A. 1983. Sexual selection, sexual dimorphism, and territoriality. *In* R.B. Huey, E.R. Pianka and T.W. Schoener (Eds.), *Lizard Ecology Studies of a Model Organism*, pp. 169-204. Harvad University Press. Cambridge, MA.
- Telford, S. R., 1970. Seasonal Fluctuations in Liver and Fat Body Weights of the Japanese Lacertilia, *Takydromus tachydromoides* Schlegel. *Copeia* 40:681-689.
- Tinkle, D. W., H. M. Wilbur, y S. G. Tilley. 1970. Evolutionary strategies in lizard reproduction. *Evolution* 24:55-74.
- Thompson, C. W. y Moore, M. C. 1991. Throat colour reliably signals status in male tree lizards, *Urosaurus ornatus*. *An. Behav.* 42:745–753.
- Valenzuela-López, G. 1981. Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *Ctenosaura pectinata* e *Iguana iguana* (Reptilia: Iguanidae) en la costa de Jalisco. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Villagrán-Santa Cruz M. 1989. Desarrollo embrionario, placentación y su relación con el cuerpo lúteo y la atresia folicular en *Sceloporus mucronatus* y *Sceloporus grammicus*, (Sauria: Iguanidae). Tesis Doctoral, UNAM. México.
- Yarza-de la Torre, E. 1992. Volcanes de México. Instituto de Geografía. UNAM. México.