

110

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



CAMPUS IZTACALA

ESTRATEGIA REPRODUCTORA  
DE LA LAGARTIJA TROPICAL  
Sceloporus serrifer EN EL ESTADO DE  
YUCATÁN

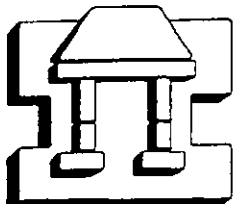


T E S I S  
QUE COMO PARTE DE LOS REQUISITOS  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO

P R E S E N T A :  
JOSÉ FABIÁN RIVERA MORALES

DIRECTOR DE TESIS:  
DR. FAUSTO R. MÉNDEZ DE LA CRUZ

INSTITUTO DE BIOLOGÍA. UNAM.



IZTACALA MÉXICO, D.F.

297478

2001



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.

## DEDICATORIAS:

A mis padres: Esperanza Morales y Gregorio Rivera, gracias a quienes existo, por el gran apoyo y confianza que me han brindado y el amor que siempre he recibido. Por su esfuerzo y los buenos, así como los malos momentos y sus lágrimas que me doblegan pero a la vez me motivan para seguir adelante.

A mis hermanos: Juan, Nina, Milda, Eva, Ignacio, Felisa, Héctor y de manera muy especial a Beto, por su apoyo y confianza en todo momento.

A mis amigos: Francisco Trujillo, José Luis Ibarra, Roberto Hernández Landa, Fabiola Nuñez, Edgar G. Avila y Belem Méndez, por su verdadera amistad

Especialmente al destino, por la felicidad que me ha deparado .....pues tengo lleno el corazón que creen baldío.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz por haberme dado la oportunidad y la confianza de trabajar en su equipo de trabajo.

A mis padres, por el apoyo (en todos los sentidos) y la confianza que hasta el momento me han dado.

A Norma Manríquez por su importante participación en este trabajo y por compartir conmigo su profesionalismo.

Al Dr. Eduardo Batllori Sampedor, por haberme tendido una mano cuando más lo necesitaba y a Jorge Novelo quien me tendió la otra.

A Carlos González Salas por la ayuda en la edición y presentación de esta tesis.

## INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	4
CICLOS REPRODUCTORES DE LOS REPTILES.....	5
TAMAÑO DE LA CAMADA O NIDADA.....	7
LA VIVIPARIDAD EN REPTILES.....	8
FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD REPRODUCTORA.....	9
ANTECEDENTES DE LA ESPECIE.....	9
OBJETIVOS.....	12
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	13
CLIMA.....	14
TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN.....	14
SUELOS.....	15
VEGETACIÓN.....	16
MATERIAL Y METODO.....	17
RESULTADOS.....	20
CICLO REPRODUCTOR.....	25
TAMAÑO DE LA CAMADA.....	28
DESARROLLO EMBRIONARIO.....	29
CUERPOS GRASOS.....	33
DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIONES.....	44
LITERATURA CITADA.....	46

## RESUMEN

Para conocer la actividad reproductora de las lagartijas de la especie *Sceloporus serrifer*, se realizaron colectas mensuales, en tres localidades del estado de Yucatán, México, con un total anual de 100 organismos. Se realizó el análisis macroscópico de las estructuras reproductoras y los cuerpos grasos. De acuerdo con el índice somático gonadal, se indica que *Sceloporus serrifer* exhibe un patrón reproductor asincrónico entre las hembras y los machos con características únicas. Los machos exhiben un patrón reproductor otoñal; la recrudescencia ocurre en julio y la máxima actividad en octubre. Las hembras presentan un patrón reproductor invernal; inician vitelogénesis en octubre, la ovulación y fertilización se lleva a cabo a finales de diciembre y principios de enero, la preñez se lleva a cabo durante los meses de invierno. El desarrollo embrionario es relativamente rápido (enero-abril) debido a las altas temperaturas de la región y el nacimiento de las crías ocurre en el mes de abril coincidiendo con el inicio de la temporada de lluvias. La energía almacenada en los cuerpos grasos de las hembras es utilizada durante la vitelogénesis, mientras que en los machos no existe relación entre la actividad reproductora y la actividad de los cuerpos grasos, sin embargo en ambos sexos parte de esa energía es utilizada durante la temporada invernal. Esto indica que la viviparidad y la actividad otoñal no es una característica única de las especies que habitan en ambientes templados; la presencia y el éxito reproductor de esta especie en un ambiente tropical en muy bajas elevaciones, no representa una desventaja y apoya la idea de que una vez originada la viviparidad, ésta es irreversible

## INTRODUCCION

El género *Sceloporus* es el grupo más grande de reptiles endémicos de Norte y Centro América, con aproximadamente 80 especies reconocidas (Wiens y Reeder, 1997). Se distribuye desde el sur de Canadá hasta Panamá, encontrándose la mayor diversidad en el sudoeste de Estados Unidos y México. Debido a ello, las especies de este género han figurado en una gran diversidad de estudios, incluyendo comportamiento, dinámica poblacional en zonas híbridas, interacciones parásito-hospedero, evolución de historias de vida, citogenética, biogeografía, ecología, fisiología, biología reproductora, etc. (Sites et al., 1992).

Las estrategias reproductoras de los lacertilios del género *Sceloporus* son probablemente las más estudiadas entre todos los grupos de lacertilios debido a su amplia distribución y su gran variedad de hábitats, ya que los podemos encontrar desde el nivel del mar hasta las grandes elevaciones. La mayor parte de los estudios sobre biología reproductora se han concentrado en las especies de las zonas templadas, revelando la existencia de una gran diversidad en características tales como fecundidad y frecuencia reproductora (James y Shiné, 1985), sin embargo, son pocos los estudios realizados con las especies que habitan en zonas tropicales.

En la península de Yucatán habitan cinco especies de *Sceloporus*: *S. teapensis*, *S. cozumelae*, *S. chrysostictus*, *S. serrifer*, y *S. lundelli* (Lee, 1996). Las tres primeras especies presentan un tipo de reproducción ovípara; *S. lundelli* es una especie de la cual se desconoce su modo reproductor, sin embargo, Fitch (1978) infiere que esta especie es vivípara por su cercana relación con la especie vivípara *S. malachiticus*. Para el caso de *S. serrifer*, de acuerdo con análisis filogenéticos se ha descrito como una especie vivípara por ser miembro del grupo *Torquatus* (Guillette et al., 1980). Sin embargo, no existen estudios que corroboren dicha información.

## ANTECEDENTES

Desde los primeros trabajos de Fitch (1970) se ha demostrado que las lagartijas presentan una gran variabilidad en sus hábitos reproductores. Algunos son evidentemente acíclicos mientras que otros están restringidos a ciertas épocas. Dentro de estos últimos hay especies que se reproducen una sola vez y otras varias veces en una estación. Existen también diferencias en cuanto al tamaño de la camada o nidada. Algunas especies tienen un solo huevo por nidada o dos como en la mayoría de los gekonidos; mientras que algunos iguanidos producen más de 20 huevos por nidada y pueden tener varias nidadas por estación. Por otra parte, existen grandes variaciones en la edad a la madurez sexual ya que en algunas especies se presenta una maduración temprana principalmente en aquellas que habitan zonas templadas, mientras que en ambientes tropicales las especies presentan una madurez sexual tardía (Dunham *et al.*, 1994).

Las estrategias reproductoras pueden variar dentro de las diferentes especies de lagartijas. Algunas presentan madurez sexual temprana, una vida corta y una alta fecundidad; mientras que otras presentan madurez sexual tardía, viven por varios años como adultos reproductores y tienen pocas crías por camada o nidada en cada estación (Tinkle *et al.*, 1970). Los ciclos reproductores y el modo reproductor también forman parte de la estrategia de vida de una especie y han sido poco estudiados en especies vivíparas de áreas tropicales.

Algunos de los factores que forman parte de la estrategia reproductora de una especie son el ciclo reproductor, el tipo de paridad, el tamaño de la camada o nidada, y la talla a la madurez sexual.



## CICLOS REPRODUCTORES DE LOS REPTILES

Los reptiles en general presentan dos tipos de actividad reproductora: Continua (no estacional o acíclica) y cíclica (estacional o discontinua). Las especies de ambientes estacionales presentan reproducción cíclica para evitar las condiciones ambientales extremas, mientras que las de ambientes no estacionales pueden representar reproducción continua.

Las especies con reproducción continua muestran dos patrones generales: Las especies que se reproducen durante todo el año y aquellas con reproducción estacional pero asincrónica donde la población es continuamente reproductora aunque los organismos no lo sean, como ocurre en *Sceloporus bicanthalis* (Manriquez, 1995). Las hembras son comúnmente de reproducción cíclica debido a la gran cantidad de energía que invierten durante la reproducción (Zug, 1993).

Las especies de lagartijas de ambiente templado muestran dos patrones distintos de reproducción, el más común es el patrón de tipo primaveral, donde la vitelogénesis, cortejo, apareamiento, ovulación y fertilización ocurre durante la primavera con la oviposición o parto durante el verano o principios de otoño. Este patrón es característico en aquellas especies que presentan oviparidad, tales como *Sceloporus graciosus* y *S. orcutti* (Fitch, 1970); *S. aeneus* (Manriquez, 1995) pero también se presenta en algunas especies vivíparas de ambiente templado tales como *Lacerta vivípara*, *Gerrhonotus coeruleus*, *Phrynosoma douglassi*, *Eumeces fasciatus*, *Xantusia vigilis* (Méndez de la Cruz *et al.*, 1988; Zug, 1993). Por otra parte, algunas especies vivíparas como *Sceloporus jarrovi*, *S. grammicus*, *S. cyanogenys*, *S. poinsetti*, *Eumeces copei* y *Barisia imbricata*, exhiben actividad reproductora de tipo otoñal, donde la vitelogénesis, cortejo y

apareamiento ocurren durante el otoño, la preñez ocurre durante el invierno y el parto en la siguiente primavera (Méndez de la Cruz *et al.*, 1988).

Dentro de la actividad reproductora de tipo otoñal, existe la presencia de actividad reproductora asincrónica entre machos y hembras. En la mayoría de las especies, los machos exhiben actividad testicular durante la primavera o verano, mientras que las hembras presentan vitelogénesis y ovulación durante el otoño como en *Sceloporus grammicus* (Guillette y Casas Andreu, 1980), *Sceloporus mucronatus* (Méndez de la Cruz *et al.*, 1988) y *Sceloporus palaciosi* (Méndez de la Cruz y Villagrán, 1998).

Esta diversidad en patrones reproductores señala la influencia de los factores abióticos en la actividad reproductora, donde los machos y hembras no responden a las mismas señales ambientales o pueden utilizar las mismas señales pero en diferentes tiempos (Guillette y Casas Andreu, 1980; Méndez de la Cruz *et al.*, 1988; Guillette y Méndez de la Cruz, 1993)

En regiones tropicales existe una gran diversidad de patrones reproductores. En las selvas tropicales la reproducción de la mayoría de las especies ocurre durante todo el año (Fitch, 1982). En regiones donde se presenta una marcada temporada de humedad y sequía, la reproducción se lleva a cabo durante la temporada de lluvias (James y Shine, 1985).

Las especies tropicales ovíparas presentan un patrón reproductor cíclico en hábitats muy estacionales y un patrón acíclico en hábitats uniformes climáticamente, sin embargo, en este último caso los machos generalmente son acíclicos y las hembras cíclicas pero en algunas poblaciones se encuentran hembras preñadas durante casi todo el año como en *Carlia bicarinata* y *Chamaleo hohneli* (Zug, 1993).

La actividad reproductora de los organismos involucra cambios morfológicos en cuanto al tamaño, forma y apariencia de las estructuras sexuales. En los machos se

presentan cambios en el tamaño y peso de los testículos y los órganos intromitentes, las glándulas asociadas y el desarrollo de los gametos. También se presentan cambios en estructuras sexuales secundarias como intensidad de color, los cuales están asociados con un comportamiento agresivo de lucha o cortejo. En las hembras, los principales cambios se presentan en los ovarios y los oviductos. Los folículos ováricos crecen durante la vitelogénesis y eventualmente son ovulados. El oviducto también presenta cambios en cuanto al tamaño, morfología, histología y bioquímica; se presenta un alargamiento y engrosamiento, y adquiere una apariencia enrollada, preparándose para recibir al óvulo y agregar las capas de albúmina y cáscara, preparándolo para la oviposición en las especies ovíparas. En especies vivíparas, ocurre la implantación del huevo en el oviducto y se desarrolla un tejido entre el embrión y el tejido materno. El cuerpo lúteo y el cuerpo albicans se desarrollan en los ovarios después de que los folículos son liberados (Fitch, 1982).

## **TAMAÑO DE LA CAMADA O NIDADA**

El tamaño de la camada o nidada (número de crías por hembra), es considerado como un aspecto importante en la estrategia reproductora de un organismo y responde a numerosos factores de su historia de vida (Guillette, 1982). Existe una gran variedad interespecífica en cuanto al tamaño de la camada debido a diversos factores ecológicos, anatómicos o fisiológicos, tales como altitud, clima, latitud, disponibilidad de alimento y tamaño y forma del cuerpo de la hembra (Fitch, 1985).

Varias hipótesis han sido postuladas sobre el tamaño de la camada o nidada en los vertebrados, sin embargo, la más aceptada y aplicada a los reptiles es la postulada por Cody en 1966 (en Benabib, 1993) quien señala que en ambientes estacionales, principalmente en altas latitudes las nidadas son más grandes que en ambientes no estacionales como los trópicos. Esto se debe a que en ambientes estacionales, la mortalidad debida a factores denso-independientes periódicamente provoca una

disminución de la población, de tal forma que cada vez que la población se reduce, la competencia por los recursos disminuye, y la cantidad de energía que cada individuo puede dedicar a la reproducción aumenta. En ambientes no estacionales, en los que las poblaciones se encuentran constantemente cerca de la capacidad de carga del sistema, la competencia es mayor, y la presión de selección favorece crías más grandes y competitivas, y no tamaños grandes de nidadas (Benabib, 1993).

En el género *Sceloporus*, el número de crías por nidada o camada varía desde uno en *S. chrysostictus*, que representa el tamaño de nidada más pequeño de todas las especies de *Sceloporus*, hasta 19 en *S. torquatus*. La media varía desde 1.8 en *S. cozumelae* a 14.3 en *S. olivaceus* (Fitch, 1978).

## LA VIVIPARIDAD EN REPTILES

Entre los reptiles existen dos tipos de paridad, la viviparidad y la oviparidad. Todas las especies de tortugas y cocodrilos son ovíparas, pero aproximadamente una quinta parte de los escamados (lagartijas, serpientes y anfisbénidos) son vivíparos. La viviparidad definida como la retención del embrión en desarrollo dentro del útero hasta el nacimiento (Guillette, 1993) está presente en varias familias y géneros, en algunos casos, la viviparidad y la oviparidad ocurren dentro de una misma familia o género (Shine, 1984). De acuerdo con los análisis filogenéticos y patrones reproductores de los reptiles escamados se ha considerado a la oviparidad como la condición primitiva (Shine, 1985) a partir de la cual ha evolucionado la viviparidad por lo menos 100 veces de manera independiente (Guillette, 1993).

La viviparidad es considerada como una adaptación de los reptiles a los climas fríos (Shine, 1985) de elevadas latitudes y altitudes (Guillette *et al.*, 1980; Mathies y Andrews, 1995; Mink y Sites, 1996). Esta idea, generalmente conocida como la hipótesis del clima frío, ha sido la más aceptada para explicar la evolución de la viviparidad en reptiles (Tinkle y Gibbons, 1977; Shine, 1985; Mathies y Andrews, 1995; Shine, 1995).

Además de los climas fríos, se ha señalado que las temperaturas extremosas, las estaciones reproductoras cortas y las condiciones excesivamente xéricas son promotores de la viviparidad en reptiles (Shine, 1985; Guillette, 1993). De acuerdo con Guillette *et al.*, (1980), el análisis de ocurrencia de viviparidad dentro un género con relación a su distribución, hábitos, hábitat y filogenia pueden ayudar a puntualizar con precisión las presiones de selección que condujeron hacia esta estrategia reproductora.

Dentro del género *Sceloporus* la viviparidad ha evolucionado independientemente al menos cuatro veces (Méndez de la Cruz *et al.*, 1998) y su origen está asociado con las altas elevaciones en latitudes tropicales (Guillette *et al.*, 1980). Una evidencia clara sobre este origen ocurre en el grupo *Scalaris*, donde se encuentran dos especies muy relacionadas filogenéticamente; *Sceloporus bicanthalis* es vivipara y puede encontrarse en altitudes mayores que la especie ovipara *S. aeneus* (Tinkle y Gibbons, 1977; Guillette, 1982; Mathies y Andrews, 1995, Mink y Sites, 1996). De acuerdo con Benabib y colaboradores (1997), en un estudio de gradiente altitudinal en el eje transvolcánico del centro de México *Sceloporus bicanthalis* se encuentra entre los 1858 y 4200 m mientras que *S. aeneus* entre los 2200 y 2900 m.

## FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD REPRODUCTORA

Los ciclos reproductores son indicadores de la estrategia reproductora utilizada por las especies para sobrevivir en los medios en que habitan y pueden estar influenciados por la filogenia, tipo de hábitat y su distribución geográfica (Licht, 1984). En general, los ciclos reproductores de los reptiles son dependientes de los factores bióticos (internos) y abióticos (externos) que pueden regularlos o modificarlos durante la historia de vida de una especie (Shine, 1985). Dentro de los factores internos más importantes, está el control hormonal, pero existen otros factores como la acumulación de lípidos en los cuerpos grasos, los cuales son utilizados para la vitelogénesis en el otoño y como reservas durante los meses de invierno, así como fuente de energía para la reparación de tejidos, la lucha, cortejo y apareamiento (Fitch, 1982). El hígado también representa una importante fuente de energía durante la vitelogénesis y la recrudescencia testicular, así como fuente de energía durante los meses de invierno (Goldberg, 1972; Licht, 1984).

Dentro de los factores externos, el fotoperíodo, la temperatura y la precipitación influyen sobre la actividad reproductora de los organismos (Fitch, 1970; Licht, 1984; Guillette y Méndez de la Cruz, 1993). En la mayoría de las especies, la temperatura y el fotoperíodo estimulan la actividad reproductora. La precipitación es un factor determinante para las especies de ambientes estacionales, ya que la oviposición y el nacimiento de las crías se lleva a cabo durante la temporada más húmeda (James y Shine, 1985), cuando la disponibilidad de alimento es mayor (Goldberg, 1971).

## ANTECEDENTES DE LA ESPECIE

*Sceloporus serrifer* se distribuye en regiones tropicales de bajas y medianas elevaciones del sur de Tamaulipas, Este de San Luis Potosí, Veracruz, Chiapas, Yucatán,

Belice, y Guatemala (Fig. 1). Es una lagartija de talla mediana entre los 80 y 90 mm longitud hocico cloaca (LHC). En Yucatán, los individuos se encuentran generalmente en las bardas de roca que bordean los terrenos de henequén y en las ruinas mayas (Lee, 1996).

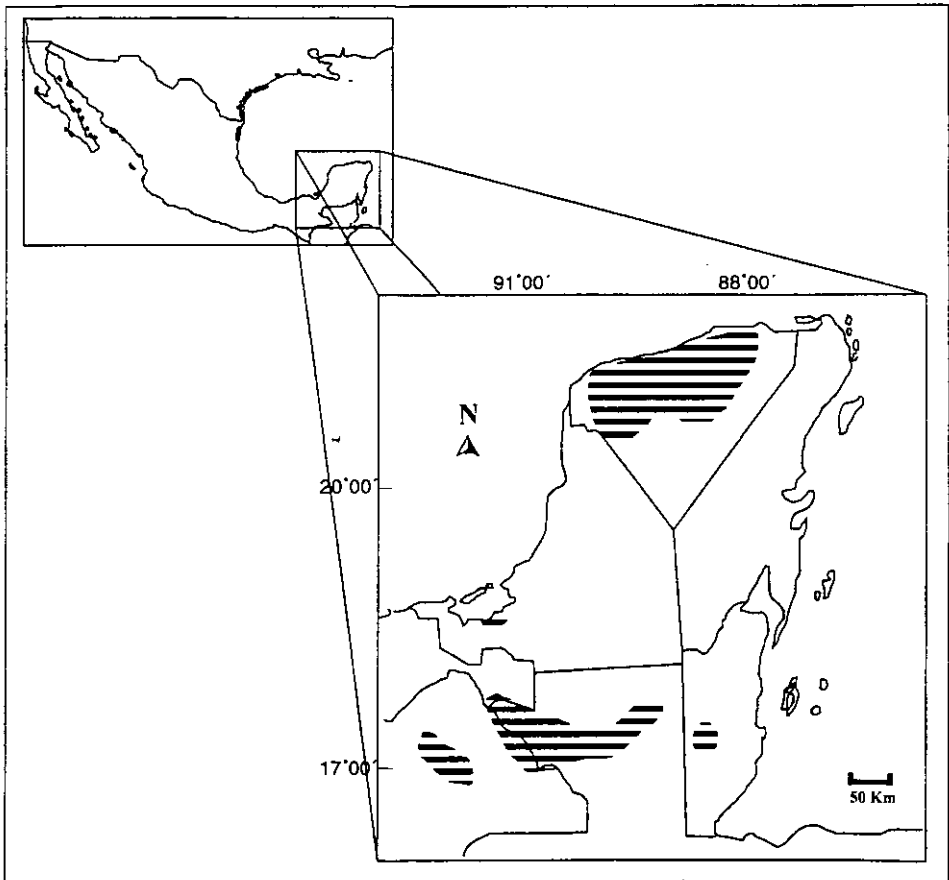


Fig. 1 Distribución de *Sceloporus serrifer* en la Península de Yucatán.

Aunque el género *Sceloporus* ha sido un modelo muy importante para investigar la relación de factores ambientales (o factores de selección) y la evolución de la viviparidad, cabe mencionar que las características sobre la biología y la actividad reproductora de algunas especies son desconocidas. En particular las estrategias reproductoras del grupo *Torquatus* están siendo de gran interés en este tipo de estudios. Es el grupo más grande de *Sceloporus* constituido por trece especies, las cuales de acuerdo a análisis filogenéticos son vivíparas (Wiens y Reeder, 1997). La mayoría son de hábitos saxícolas y habitan en regiones templadas en altas y medianas elevaciones, y solo tres especies (*S. cyanogenys*, *S. prezygus* y *S. serrifer*) han invadido las zonas de bajas elevaciones. Sin embargo, para *S. serrifer* al igual que las otras dos especies se desconocen aspectos sobre su biología reproductora, por lo cual resulta de suma importancia investigar su ciclo reproductor y su relación con los factores ambientales tales como la temperatura y precipitación para determinar de que manera una especie del grupo *Torquatus* invadió y de adaptó al ambiente tropical.



## OBJETIVOS

### Objetivo General

Determinar algunos componentes de la estrategia reproductora del lacertilio *Sceloporus serrifer* en un ambiente tropical de la Península de Yucatán.

### Objetivos particulares

1. Conocer algunas actividades sobre el habitat y características fenotípicas de los organismos, así como las horas de actividad.
2. Determinar el tipo de paridad de *S. serrifer*.
3. Describir el ciclo reproductor de los machos y las hembras a partir del análisis macroscópico de las gónadas.
4. Precisar el tamaño al cual los individuos maduran sexualmente.
5. Describir el ciclo de los cuerpos grasos y establecer si existe alguna relación con la actividad reproductora de los machos y las hembras.
6. Establecer si existe alguna relación entre los factores ambientales (temperatura y precipitación) y la actividad reproductora de ambos sexos.

## DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

Las áreas de estudio se localizan en los alrededores de la ciudad de Mérida, ubicada al Noroeste del Estado de Yucatán (Fig. 2), en localidades tales como la zona Arqueológica de Dzibilchaltún ( $21^{\circ} 05' 55''$  N,  $89^{\circ} 35' 17''$  W), carretera Mérida-Progreso ( $21^{\circ} 05' 02''$  N,  $89^{\circ} 38' 09''$ ), municipio de Conkal ( $21^{\circ} 03' 38''$  N,  $89^{\circ} 31' 43''$ ), y Norte de Mérida ( $21^{\circ} 02' 20''$  N,  $89^{\circ} 37' 12''$ ), con una altitud sobre el nivel del mar entre los 5 y 10 m (Dutch, 1988)

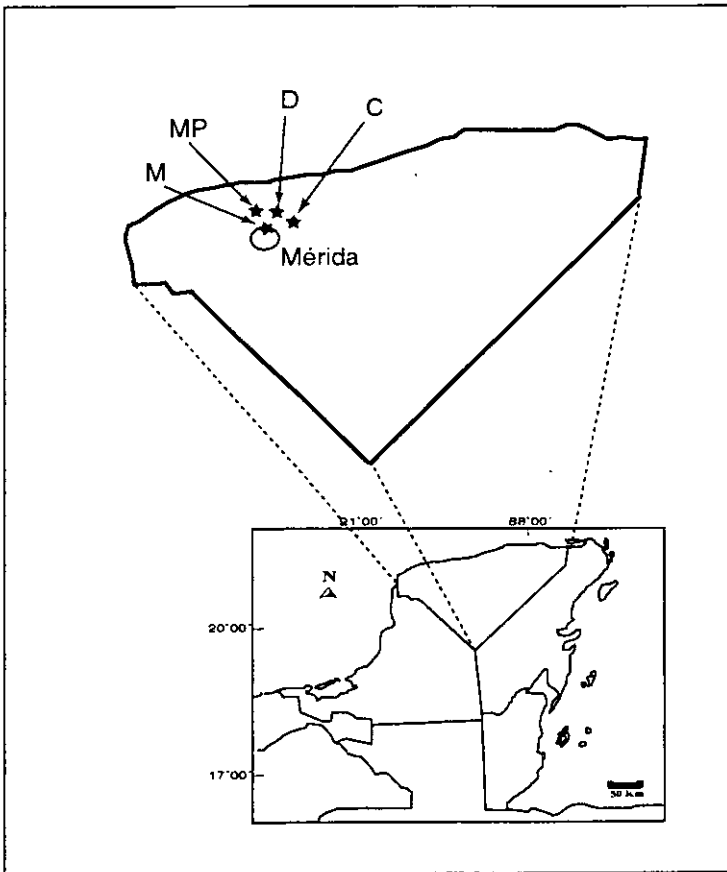


Fig. 2 . Localización de las zonas de colecta en el estado de Yucatán. (MP) Km. 13 carretera Mérida-Progreso; (D) Zona Arqueológica de Dzibilchaltún; (C) Km. 6 carretera Mérida-Conkal y (M) Norte de Mérida

## CLIMA

De acuerdo con el sistema climático de Köppen, modificado por García (1973), la Península de Yucatán presenta un tipo de clima *Aw* (Caliente subhúmedo con lluvias en verano) aunque en la parte Noroeste donde se localizan las áreas de estudio se presenta en su mayor parte el subtipo *Aw<sub>o</sub>(i)*g que se distingue por la pequeña magnitud que existe en la oscilación (entre 5 y 7°C) de sus temperaturas medias mensuales a través del año. Corresponde al cálido subhúmedo con lluvias en verano y una marcada sequía en la mitad caliente del año (canícula), es el más seco de los *Aw* y se encuentra en jerarquía superior inmediata al clima *BS* (árido) en su parte más norteña.

## TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

La temperatura media anual es de 26.8°C y la precipitación de 984.4 mm., con una marcada estacionalidad entre la temporada de secas en primavera y fuertes lluvias en verano, presentando los máximos valores de temperatura promedio de 29.5 en el mes de mayo y los valores mas bajos de 23.4 en el mes de enero, así como una precipitación máxima promedio de 186.9 mm. en el mes de septiembre y una mínima de 15.8 mm en el mes de marzo (Fig. 3), con un cociente P/T de 36.7 (Dutch, 1988).

La precipitación esta dada principalmente por la circulación de verano, en esta época, la región recibe la mayor cantidad de lluvias que abarcan también parte del otoño. En casi toda la época seca (de noviembre a abril), se presenta una precipitación relativamente alta debido principalmente a la entrada de "nortes", los cuales aportan aproximadamente el 30% de lluvia anual; en la época húmeda se registra el 70% de precipitación (Flores y Espejel, 1994). De este modo, el verano resulta relativamente alto en humedad, mientras que el invierno resulta significativamente más seco, y solo muy ligeramente más fresco (Dutch, 1988).

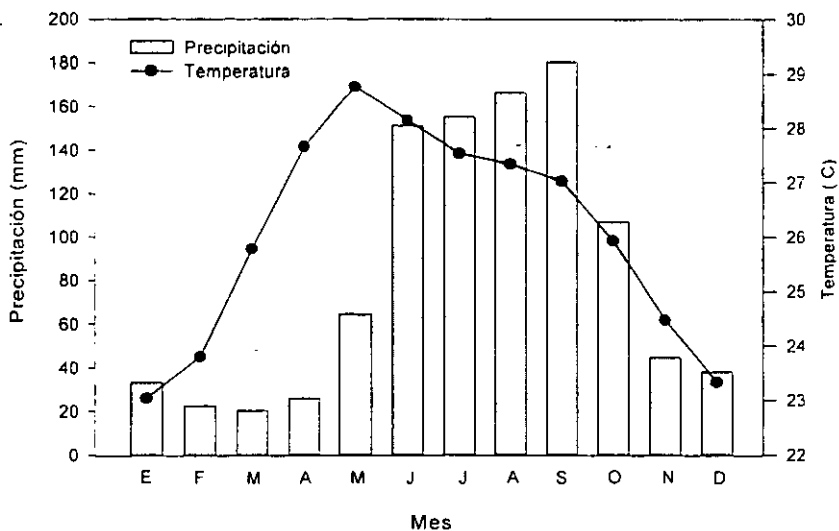


Fig.3 . Valores promedio de temperatura y precipitación de la región.

## SUELOS

Desde el punto de vista edáfico, el Estado de Yucatán se distingue por la dominancia de los suelos someros, de colores que van del rojo al negro, pasando por diversas tonalidades de café, y por su textura franca o de migajón arcilloso en el estrato más superficial. Asimismo, estos suelos muestran un alto contenido de piedras de hasta 10 y 15 cm de diámetro acompañados de grandes y frecuentes afloramiento de la típica coraza calcárea yucateca.

La zona se caracteriza por la presencia de suelos muy delgados denominados litosoles y redzinas subyaciendo a la llamada coraza calcárea y su abundante pedregosidad. Los litosoles son suelos constituidos por roca calcárea con una capa incipiente de suelo grisáceo rico en humus, se le denomina comúnmente Tsek'el. Las redzinas son suelos de color café rojizo, están constituidas por una capa de suelo rica en

materia orgánica sobre suelo mineral de color rojizo-anaranjado, se denominan localmente Kancab.

Por lo regular, son suelos que presentan espesores menores de 10 cm en el caso de los litosoles y de 30 cm en el de las redzinas. Bajo tales condiciones presenta fuertes restricciones para el desarrollo de la agricultura. En tal sentido, se aprecia que una buena parte de la zona se encuentra ocupada con las típicas plantaciones henequeneras, aprovechando la adaptación que presenta el agave al escaso suelo dominante, a pesar de la poca capacidad de almacenamiento de humedad que posee su matriz mineral (Dutch, 1988).

## VEGETACIÓN

En la mayor parte del estado de Yucatán, predomina la selva baja caducifolia con una extensión de 19,839 km<sup>2</sup>, que correspondiente al tipo de vegetación donde se localizan las zonas de estudio. La vegetación se encuentra muy perturbada ya que ha sido constituida en un 80% por cultivos de henequén y convertida en fuente importante de combustible (leña), siendo las leguminosas consideradas por los campesinos como proveedoras de la mejor leña. Esta constituida por árboles cuya altura oscila entre 6 y 15 m y con DAP (diámetro a la altura del pecho) entre 10 y 30 cm, tiene como característica que casi todos los árboles dejan caer sus hojas durante la época más seca del año. Hay un estrato arbóreo y otro herbáceo con bejuco leñosos, también caducos, compuestos por especies de las familias: Bignoniaceae, Leguminosae y Combretaceae y entre estas los géneros *Arrabidaea* y *Cydista*. Las herbáceas más comunes son *Chamaecrista yucatanensis*, *Senna uniflora*, *Styrolobium pruriens*, *Sida acuta*, *Lantana camara*, *Bromelia pinguin*, y *Bromelia caratas* (Flores y Espejel, 1994).

## MATERIAL Y METODO

El presente estudio se llevó a cabo en la Zona Arqueológica de Dzibilchaltún, en el Km. 13-15 de la carretera Mérida-Progreso

Durante las horas de colectase realizaron observaciones sobre el tipo de hábitat en el cual se encontraban los organismos. Así mismo, se registro la hora en la cual los organismos fueron recolectados tomando como dato la hora de captura que coincidía con la hora de actividad para asolearse. Se observaron las características fenotípicas de los organismos como el tamaño y el patrón de coloración de machos y hembras.

Los ejemplares fueron recolectados utilizando una pistola de municiones. Posteriormente a cada organismo se le tomaron las medidas estándar de longitud hocico-cloaca (mm) con una regla graduada ( $\pm 1\text{mm}$ ) y peso corporal con una pezola ( $\pm 0.25\text{g}$ ). Se les inyectó formol (5 ml) al 10% amortiguado y se mantuvieron en formol durante 24 horas, posteriormente los organismos se lavaron con agua corriente a chorro durante 24 horas, y se fijaron en alcohol al 70%.

Los organismos fueron disecados y se les extrajeron las gónadas, oviductos y cuerpos grasos; las estructuras fueron pesadas en una balanza analítica ( $\pm 0.05$ ) y se conservaron (a excepción de los cuerpos grasos) en alcohol al 70%. Además, se determinó el sexo y la condición reproductora de cada uno de ellos. Los machos fueron clasificados como inmaduros, reproductores y no reproductores de acuerdo con el tamaño y apariencia de los testículos y epidídimo, se consideraron como reproductores cuando presentaban un epidídimo largo y contorneado. Las hembras fueron clasificadas como inmaduras, previtelogénicas, vitelogénicas y gestantes, de acuerdo a la presencia (y tipo) de folículos ováricos o embriones en el oviducto con base en los criterios de Guillette y Casas Andreu, 1980; Méndez de la Cruz *et al.*, 1988 y Guillette y Méndez de la Cruz, 1993.

Los parámetros que se determinaron para los organismos de ambos sexos fueron el índice somático gonadal (ISG) mediante el método seguido por Méndez de la Cruz *et al.*, (1988) de acuerdo con la siguiente fórmula:  $ISG = (PG / PC) \times 100$

donde: PG = Peso de las gónadas y PC = Peso corporal.

De igual forma, se determinó el índice somático de los cuerpos grasos (ISCG) utilizando el peso de los cuerpos grasos y peso corporal mediante la siguiente fórmula:  $ISCG = (PCG / PC) \times 100$

donde: PCG = Peso de los cuerpos grasos y PC = Peso corporal

El tamaño mínimo a la madurez sexual para las hembras fue estimado considerando a la hembra más pequeña que contenía folículos vitelogénicos. Para el caso de los machos, la talla mínima a la madurez sexual se determinó de acuerdo a la talla del macho más pequeño que contenía un epidídimo largo y enroscado (Ramírez Bautista *et al.*, 1995; Ramírez Bautista y Vitt, 1997; Méndez de la Cruz *et al.*, 1998; Ramírez Bautista *et al.*, 1998). Cabe señalar que para precisar el tamaño a la madurez sexual se realizaron cortes histológicos de testículo para corroborar la espermatogénesis.

Además se estableció la presencia o ausencia de embriones en el oviducto, cuerpos lúteos en el ovario y se categorizaron los estadios de desarrollo embrionario durante la preñez, de acuerdo con Dufaure y Hubert (1961).

El tamaño de la camada se determinó con base en el número de embriones en oviducto de la hembra durante el periodo de gestación.

Los valores del índice somático gonadal e índice somático de los cuerpos grasos fueron calculados para cada organismo y se realizó un análisis de varianza con los

valores medios mensuales para cada sexo y una prueba de intervalos múltiples para determinar los cambios significativos a través del año.

Se aplicó un análisis de correlación de Pearson para determinar la relación entre el tamaño de la camada y la longitud hocico-cloaca de la hembra, así como la relación entre la actividad gonadal de ambos sexos y los factores temperatura y precipitación utilizando una probabilidad de 0.05.

Los datos mensuales promedio de temperatura y precipitación fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) del observatorio de Mérida, una recopilación de 1960 a 1999, con los cuales se realizó un climograma para determinar si existía relación con la actividad reproductora.



## RESULTADOS

*Sceloporus serrifer* habita principalmente en las albarradas de roca y en las ruinas mayas (Fig 4). Son organismos de talla mediana y presentan un collar de color oscuro característico de las especies del grupo *Torquatus*. Fenotípicamente presentan dimorfismo sexual en cuanto al color y tamaño, los machos son ligeramente más grandes y son de color gris verdoso. Las hembras son más oscuras, con un patrón de manchas a manera de bandas en el dorso (Fig 5).

Con respecto a la hora de actividad para asolearse, los organismos solo permanecen expuestos durante las primeras horas del día (de 7:00 a 10:00 hrs. aproximadamente) y al atardecer durante las últimas horas de sol (de 16:00 a 18:00 hrs. aproximadamente) durante la mayor parte del año (Fig. 6).

*Sceloporus serrifer* es vivípara, esto se determinó de acuerdo con el análisis macroscópico de las gónadas durante su ciclo reproductor y el nacimiento de las crías vivas hasta el momento del parto, sin la presencia de una estructura calcárea.

Los machos reproductivamente activos presentaron un intervalo de 77 a 110 mm. de longitud hocico-cloaca (LHC) con un promedio de  $92.25 \pm 1.62$  mm (Fig.7). Mientras que las hembras presentaron un intervalo de 76 a 106 mm LHC y un promedio de  $91.23 \pm 1.16$  mm (Fig.8).

La talla mínima a la madurez sexual registrada fue de 76 mm de LHC para el caso de las hembras, que fue la hembra más pequeña que presentaba folículos vitelogénicos. En el caso de los machos, se registró la talla mínima de 77 mm, que correspondía al macho más pequeño con presencia de espermátidas en etapa de espermiogénesis (Figs. 9 y 10).

A



B



Fig. 4. Las ruinas mayas (A) y las albardas de roca (B) son los principales hábitats de *Sceloporus serrifer*



Fig. 5. Ejemplares de *Sceloporus serrifer*. Macho (abajo) y hembra (arriba).

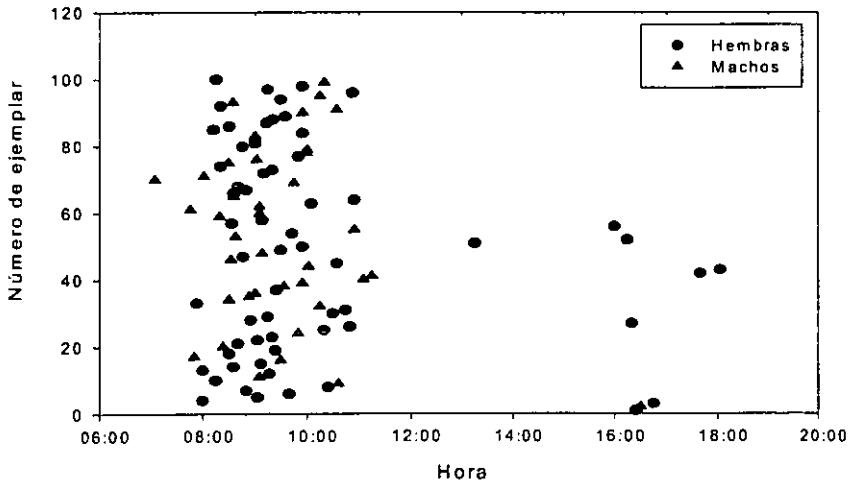


Fig. 6. Hora de colecta de los organismos de *Sceloporus serrifer* durante todo el año.

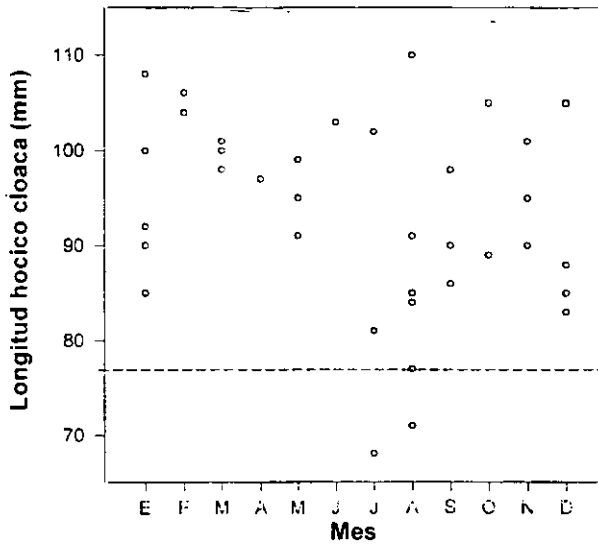


Fig. 7. Tamaño de los machos de *Sceloporus serrifer* colectados durante todo el año. La línea punteada indica el tamaño del macho más pequeño con presencia de espermátidas.

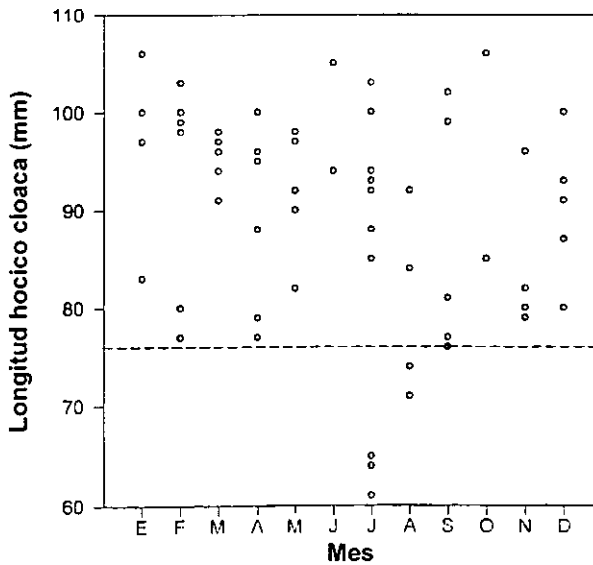


Fig. 8. Tamaño de las hembras de *Sceloporus serrifer* colectadas durante todo el año. La línea punteada indica el tamaño de la hembra más pequeña con presencia de folículos vitelogénicos.

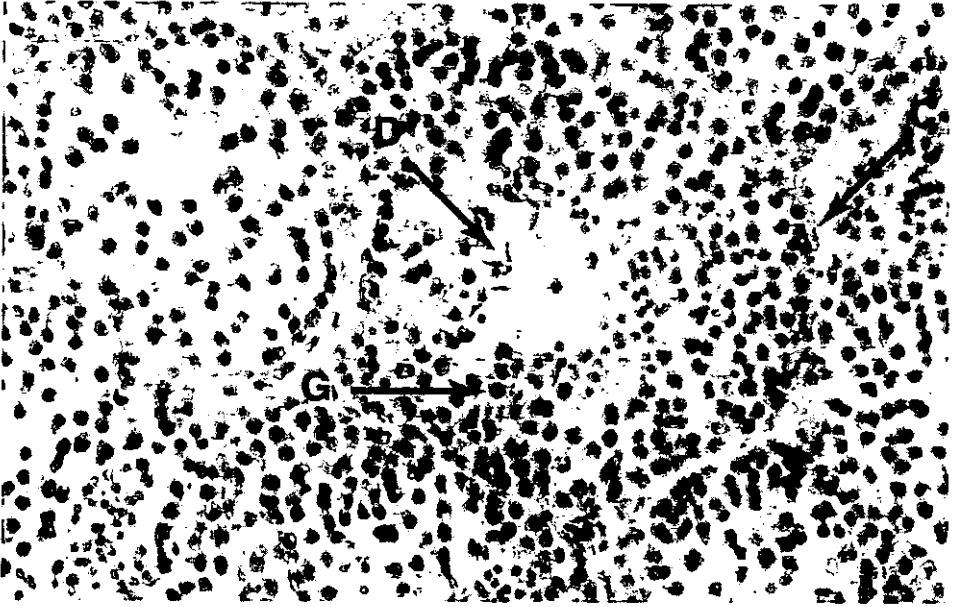


Fig. 9. Corte de testículo (40 X) de macho de *Sceloporus serrifer* donde se observa un túbulo seminífero delimitado por tejido conjuntivo (C). Aún se observan varias espermatogonias (G) hacia la periferia del túbulo, y la presencia de espermatidas (D) en proceso de maduración hacia la luz del túbulo.

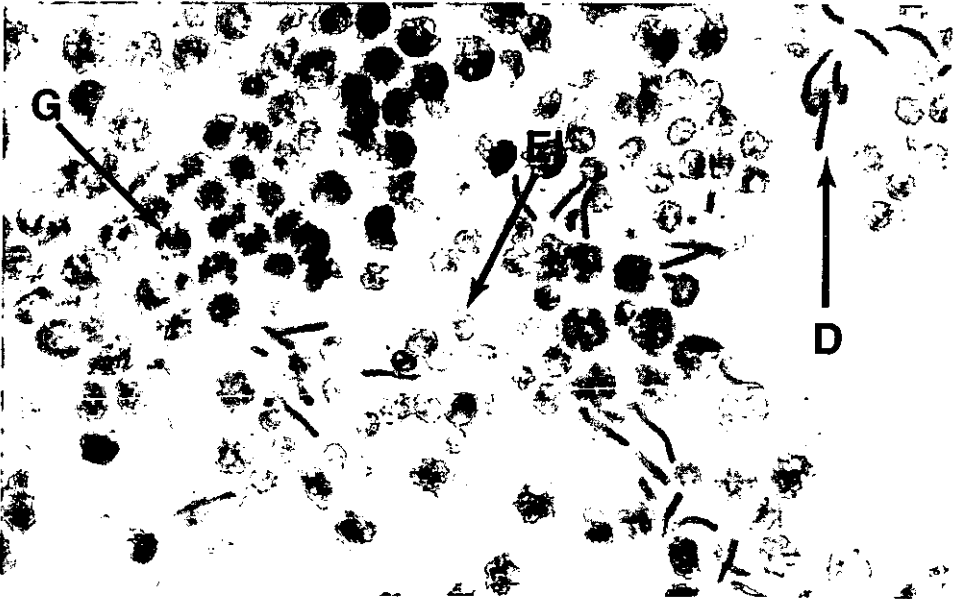


Fig. 10. Corte de testículo (100 x) de macho de *Sceloporus serrifer* donde se observa los diferentes tipos celulares: (G) espermatogonias, (E) espermatocitos primarios, y la presencia de espermatidas en proceso de espermiogénesis (D).

## CICLO REPRODUCTOR

*Sceloporus serrifer* exhibe un ciclo reproductor asincrónico entre machos y hembras, sin embargo, existe una sincronía dentro de cada sexo, es decir, todos los individuos de cada sexo inician actividad reproductora al mismo tiempo. De acuerdo al índice somático gonadal, en los machos se presentan cambios significativos a través del año [ $F(10,25) = 17.284$  ;  $P = 0.0000$ ]; la recrudescencia testicular inicia en el mes de julio, cuando se registra un aumento en el peso y volumen testicular, este periodo coincide con la temporada de máxima precipitación (julio-septiembre), y un decremento en la temperatura del ambiente, la máxima actividad testicular se presenta en el mes de octubre donde se registra el valor más alto del índice somático gonadal (2.81), y a partir del mes de noviembre se observa la regresión testicular (Fig. 11) la cual se caracteriza por una disminución en el peso testicular. Posteriormente existe un largo periodo de inactividad (de enero a junio), y la reactivación gonadal a principios de julio.

Las hembras al igual que los machos, presentan cambios significativos en el índice somático gonadal durante todo el año [ $F(11,44) = 88.52$  ;  $P = 0.0000$ ]. La condición previtelogénica, que representa los valores mas bajos, se lleva acabo de finales de abril a septiembre (Fig 12). La vitelogénesis inicia a finales de septiembre-principios de octubre y esta asociada con un incremento en el peso de las gónadas y el tamaño de los folículos. A diferencia de los machos, el inicio de la vitelogénesis coincide con el fin de la temporada de lluvias, llevándose a cabo durante el periodo de menor temperatura (octubre-enero), la ovulación y fertilización ocurren a finales del mes de enero, indicando que la máxima actividad gonadal ocurre en el invierno (Fig. 13), la preñez se lleva acabo durante los meses de invierno y principios de la primavera (enero-abril), cuando se registran los valores más bajos de temperatura. Durante ese periodo se observa la presencia de cuerpos lúteos en el ovario y el desarrollo de los embriones en el oviducto. El nacimiento de las crías se lleva a cabo a partir de la segunda semana de abril,

coincidiendo con el inicio de la temporada de lluvias. Posterior al parto, ocurre un periodo de inactividad relativamente largo (abril a septiembre), iniciando nuevamente vitelogenénesis a finales de septiembre.

Estadísticamente no se encontró relación entre la actividad reproductora de ambos sexos y la temperatura y precipitación (Tabla 1).

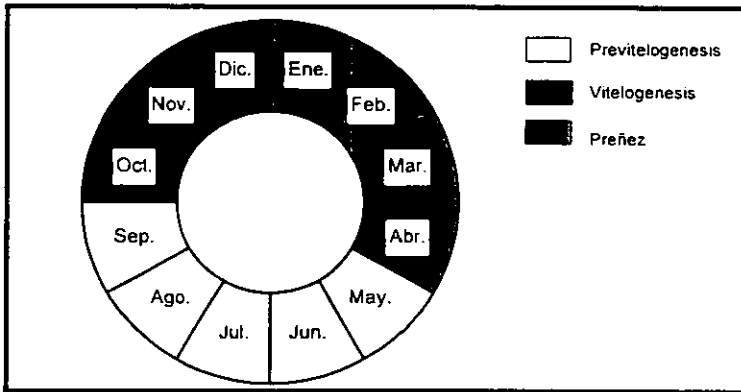


Fig. 12. Eventos reproductores durante el ciclo reproductor de las hembras de *Sceloporus serrifer*.

	Is <sub>g</sub> (h)	Is <sub>g</sub> (m)
<b>Temperatura (°C)</b>	r = -0.530 P = 0.0764	r = 0.0783 P = 0.809
<b>Precipitación</b>	r = -0.270 P = 0.397	r = 0.342 P = 0.277
<b>is<sub>g</sub>(h)</b>		r = 0.308 P = 0.329

Tabla 1. Análisis de correlación entre la actividad gonadal de hembras (h) y machos (m) de *Sceloporus serrifer* con las variables climáticas.

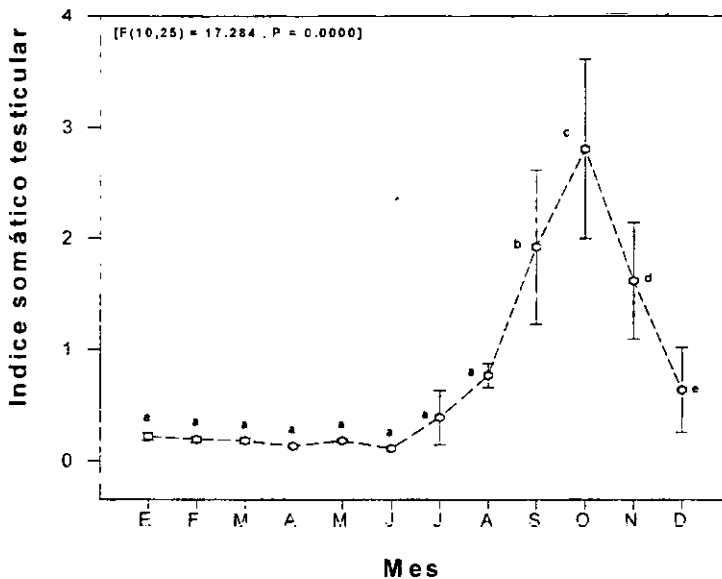


Fig. 11. Variación del índice somático gonadal de los machos de *Sceloporus serrifer* a través del año. Las barras verticales indican el error estándar y las letras los cambios significativos.

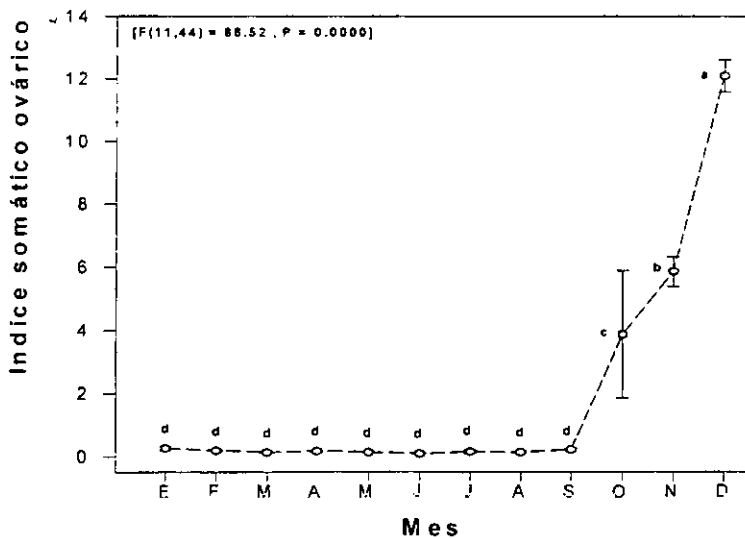


Fig. 13 Variación del índice somático gonadal de las hembras de *Sceloporus serrifer* a través del año. Las barras verticales indican el error estándar y las letras los cambios significativos



## TAMAÑO DE LA CAMADA

Existe una correlación significativa entre el tamaño del cuerpo de la hembra y el tamaño de la camada ( $r^2 = 0.805$ , gl. = 15 ,  $P < 0.001$ ), determinado por el número de embriones en el útero. el intervalo varia de 4 a 10 crías con una media de  $8.1 \pm 0.46$  (Fig. 14 ).

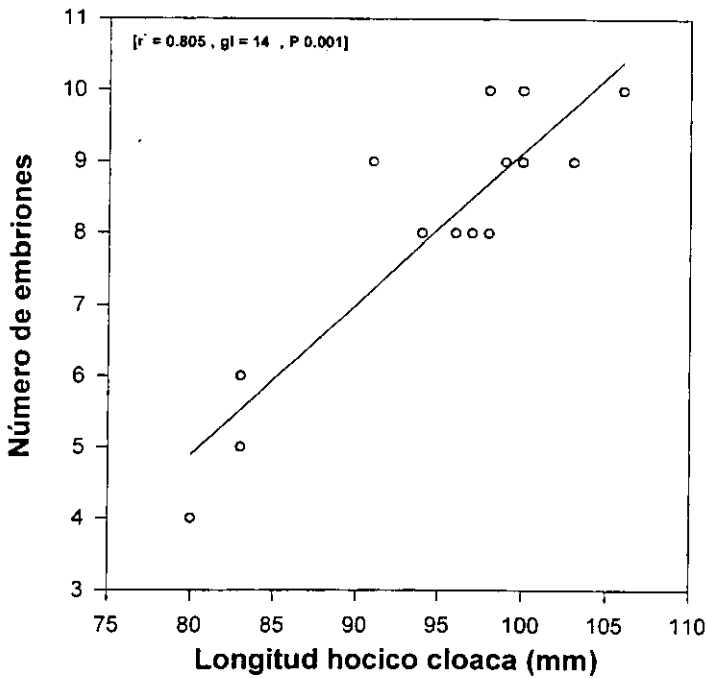


Fig. 14. Tamaño de la camada en relación con el tamaño del cuerpo de la hembra de *Sceloporus serrifer*.

## DESARROLLO EMBRIONARIO

Una vez llevada a cabo la ovulación y la fecundación, el desarrollo embrionario es relativamente rápido. Existe una marcada sincronía de las hembras durante el periodo de gestación, es decir, el 100% se encuentran preñadas al mismo tiempo. A finales del mes de enero se encontraron las primeras hembras preñadas con embriones en estadios 0 y 4, indicando así que la fecundación ocurre a finales del mes de enero, durante este mes el desarrollo embrionario es muy rápido ya que al siguiente mes (febrero) fueron observados embriones en estadios muy avanzados (32 y 34). Sin embargo, al siguiente mes (finales de marzo) el desarrollo se vuelve más lento, observándose embriones en estadios 36, 38 y 39 (Tabla 2 y Fig.15). El embrión más grande en estadio 39 presentaba una talla de 23 mm LHC. Los nacimientos ocurren a partir de la segunda semana de abril cuando se observaron las primeras crías. El tamaño de la cría colectada presentaba una talla de 33 mm LHC.

Mes	Estadios embrionarios
Enero	0 y 4
Febrero	32 y 34
Marzo	36, 38 y 39

Tabla 2. Estadios de desarrollo embrionario encontrados en los embriones de las hembras de *Sceloporus serrifer* durante la preñez. De acuerdo con Dufaure y Hubert (1961).

MES	ESTADIO DE DESARROLLO	EVENTOS MÁS IMPORTANTES	FOTO
ENERO	4	La segmentación termina. El disco embrionario totalmente compuesto de blastómeras pequeñas	A
FEBRERO	32	Los miembros ya están claramente diferenciados del cuerpo.	B
FEBRERO	34	Los cinco dedos de los miembros están bien diferenciados. Las narinas están constituidas.	C
MARZO	36	Los dedos de los miembros ya están separados, pigmentados en las puntas y con uñas. Algunas escamas del cuerpo comienzan a diferenciarse.	D
MARZO	38	Las escamas del cuerpo son muy evidentes, los dedos totalmente separados y las uñas diferenciadas. Los globos oculares ya no son tan prominentes y el borde interno del párpado casi llega al cristalino.	E
MARZO	39	Los dedos se han cubierto de escamas aún no diferenciadas. Las escamas del cuerpo ya están pigmentadas y las de la cabeza comienzan a diferenciarse	F

Fig. 15. Estadios de desarrollo embrionario encontrados en las hembras de *Sceloporus serrifer* durante el período de preñez, donde se señalan los principales eventos del desarrollo, de acuerdo con Dufaure y Hubert (1961).

Fotografía A. Embrión en estadio 4

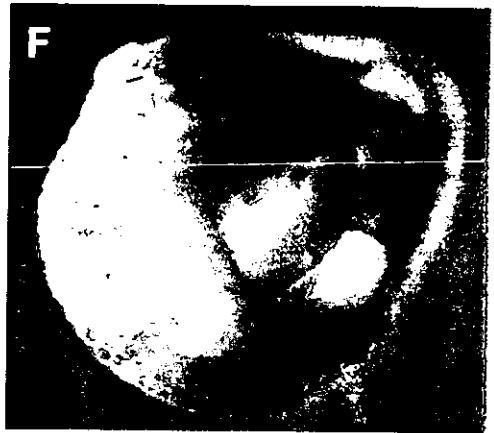
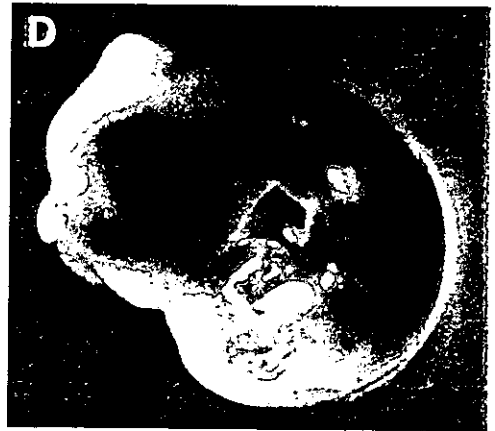
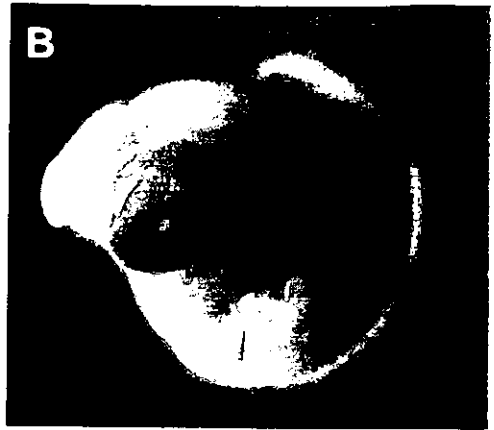
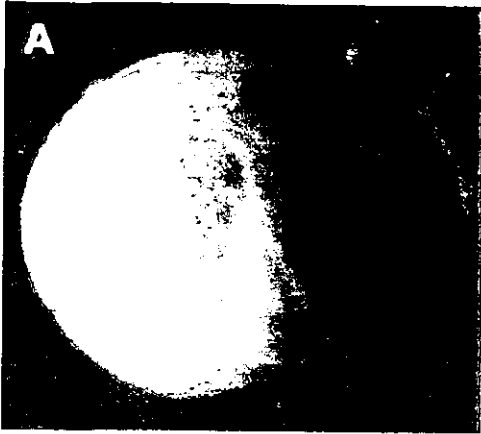
Fotografía B. Embrión en estadio 32

Fotografía C. Embrión en estadio 34

Fotografía D. Embrión en estadio 36

Fotografía E. Embrión en estadio 38

Fotografía F. Embrión en estadio 39



## CUERPOS GRASOS

De acuerdo con el índice somático de los cuerpos grasos (ISCG), en las hembras se presentan cambios significativos durante todo el año [ $F(11,43) = 17.866$  ;  $P = 0.0000$ ], los valores más bajos se presentan entre los meses de febrero y abril, durante la temporada invernal, cuando las hembras se encuentran preñadas. Posterior a esto, se observa un incremento en cuanto a la acumulación de lípidos en los cuerpos grasos coincidiendo con la temporada de lluvias, con el máximo valor en el mes de agosto (Fig. 16). A partir del mes de septiembre se observa una disminución significativa en el ISCG coincidiendo con el inicio de la vitelogénesis.

En los machos no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al ISCG durante el año [ $F(10,24) = 0.988$  ;  $P = 0.4794$ ]. Los valores más bajos se registraron durante la temporada invernal en los meses de enero y febrero con un ligero incremento durante los meses de abril a octubre, que representa la época más húmeda. El valor máximo se presentó en el mes de octubre (Fig. 17), cuando se presenta la máxima actividad testicular y por lo tanto el máximo valor del índice somático gonadal, posterior a esto se observa una disminución a partir del mes de noviembre.

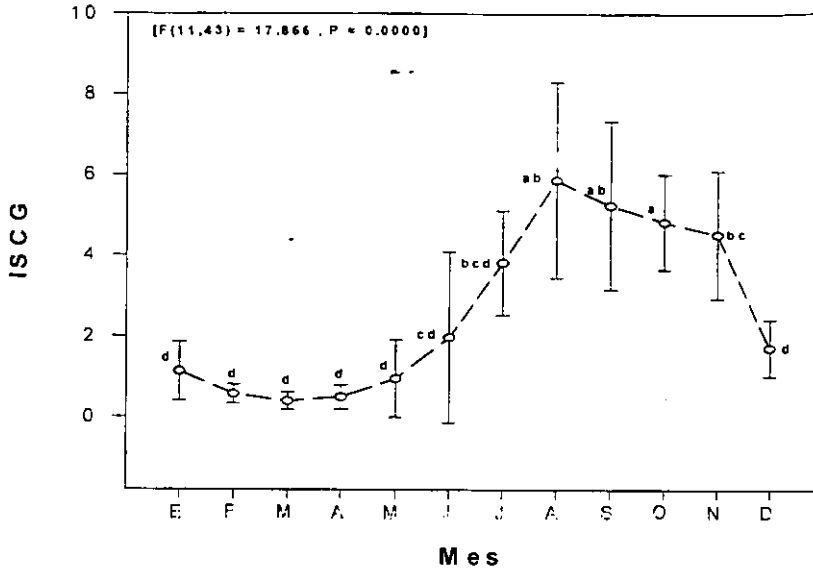


Fig.16. Variación del índice somático de los cuerpos grasos de las hembras de *Sceloporus serrifer* a través del año. Las barras verticales indican el error estándar y las letras los cambios significativos.

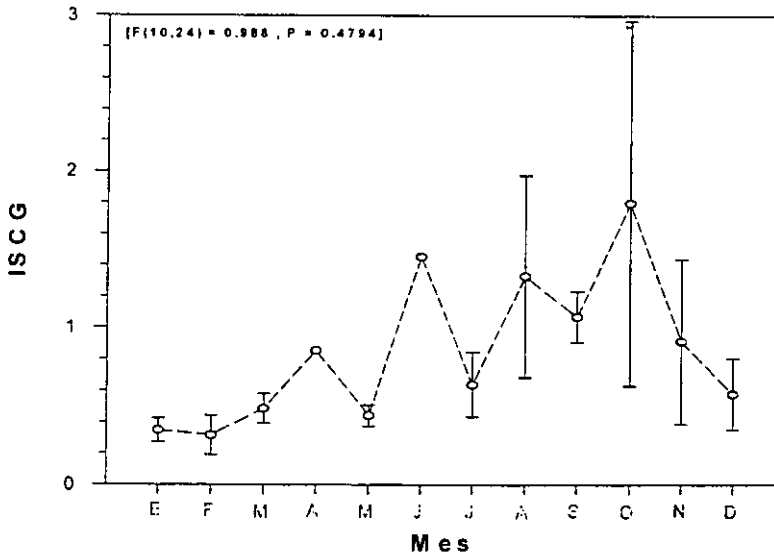


Fig. 17. Variación del índice somático de los cuerpos grasos de los machos de *Sceloporus serrifer* a través del año. Las barras verticales indican el error estándar.

## DISCUSIÓN

*Sceloporus serrifer* es una lagartija de hábitos saxícolas. Aunque algunos organismos fueron observados en árboles, cabe señalar que todos los organismos colectados se encontraban en hábitats rocosos, principalmente en las albarradas y en las ruinas mayas. Son organismos muy ariscos y están muy alerta a cualquier movimiento, por lo cual permanecen ocultos entre las grietas y rocas. Este comportamiento podría estar relacionado con la actividad termorreguladora de los organismos de *S. serrifer*, es decir, debido a las altas temperaturas que se presentan en la región, los organismos se asolean durante las primeras horas del día y al atardecer, permaneciendo ocultos durante la mayor parte del día, esto se debe principalmente a que durante el día la temperatura ambiente alcanza valores tan altos (de 35 a 40°C) que los organismos permanecen ocultos la mayor parte del tiempo; sin embargo durante la temporada más húmeda (junio – septiembre) cuando se presenta una alta humedad, los organismos permanecen expuestos la mayor parte del día.

Este tipo de hábitos y comportamiento han sido relacionados con la viviparidad (Fitch, 1985) debido a que los organismos difícilmente están expuestos a la depredación. También este tipo de hábitats en los que se encuentran los organismos se relacionan con la viviparidad ya que el llevar consigo a los embriones durante todo el periodo de preñez, involucra mayor gasto energético lo cual hace que la hembra disminuya su habilidad para alimentarse ya que en esas condiciones son más vulnerables a la depredación (Shine, 1985), por lo cual permanecen ocultas la mayor parte del tiempo. De otro modo, para las especies ovíparas un hábitat saxícola resultaría difícil ya que no podrían poner sus huevos en estos sitios y tendrían que migrar a otros ambientes para desovar.



*Sceloporus serrifer*, al igual que las demás especies descritas del grupo *S. torquatus* es vivípara, de acuerdo con los criterios de Smith (1986) se puede clasificar como protovivípara ya que las crías completan su desarrollo rodeadas de una importante cantidad de vitelo y nacen vivas hasta el momento del parto sin la presencia de alguna estructura calcárea.

La mayoría de las especies vivíparas del género *Sceloporus* presentan un patrón reproductor de tipo otoñal, incluyendo todas las especies vivíparas del grupo *S. torquatus*. Sin embargo, *S. serrifer* exhibe un patrón que difiere de las demás especies en cuanto a la temporada de máxima actividad. Los machos presentan un patrón reproductor con la máxima actividad en el otoño, diferente al de los machos de las especies vivíparas de ambiente templado con reproducción asincrónica entre machos y hembras tales como *Sceloporus grammicus* (Guillette y Casas Andreu, 1980); *S. formosus* (Guillette y Sullivan, 1985); *S. mucronatus* (Méndez de la Cruz *et al.*, 1988) y *S. palaciosi* (Méndez de la Cruz y Villagrán, 1998), los cuales presentan máxima actividad en primavera o verano (Tabla. 3), sin embargo este patrón es similar al de las especies con reproducción sincrónica entre ambos sexos tales como *S. jarrovi*, *S. torquatus*, *S. cyanogenys*, *S. poinsetti* (Méndez de la Cruz *et al.*, 1988). Además, se presenta un retraso en la actividad reproductora con un periodo corto de actividad desde la recrudescencia hasta el periodo de máxima actividad testicular cuando se lleva a cabo el apareamiento. Por otra parte, las hembras presentan un patrón reproductor de tipo invernal con la máxima actividad folicular a finales del mes de diciembre y principios de enero. Este patrón es único y difiere con el de las demás especies vivíparas de *Sceloporus* las cuales presentan máxima actividad folicular en el otoño (Tabla. 3). El periodo de gestación inicia tres meses después de que ocurre la máxima actividad testicular de los machos, sugiriendo que en este periodo se lleva a cabo el apareamiento, indicando una asincronía en la actividad reproductora.

Especie	Patrón reproductor		Fuente
	Machos	Hembras	
<i>S. grammicus</i>	Primavera-verano	Otoñal	Guillette y Casas Andreu, 1980.
<i>S. formosus</i>	Primaveral	Otoñal	Guillette y Sullivan, 1985.
<i>S. mucronatus</i>	Primavera-verano	Otoñal	Méndez de la Cruz et al., 1988
<i>S. palaciosi</i>	Primavera-verano	Otoñal	Méndez de la Cruz y Villagrán, 1998.
<i>S. serrifer</i>	Otoñal	Invernal	Presente estudio

Tabla 3. Cuadro comparativo de patrones reproductores de las especies vivíparas de *Sceloporus* con actividad reproductora asincrónica entre machos y hembras.

La actividad reproductora asincrónica entre machos y hembras es característico de estas especies vivíparas del mismo género y sugiere que debe existir un almacenamiento de esperma dentro del tracto de la hembra. El almacenamiento de esperma ha sido registrado para otras especies de *Sceloporus* (*S. grammicus*: Guillette y Casas Andreu, 1980; *Sceloporus mucronatus*, Méndez de la Cruz et al., 1988 y *Sceloporus palaciosi*, Méndez de la Cruz y Villagrán, 1998), aunque es común entre los reptiles, se desconocen los aspectos fisiológicos sobre esta característica.

La presencia de actividad asincrónica es indicativo de que hembras y machos no responden a las mismas señales ambientales o pueden responder a la misma señal pero de diferente manera (Guillette y Casas Andreu, 1980; Méndez de la Cruz et al., 1988; Guillette y Méndez de la Cruz, 1993). En los machos de *S. serrifer* la recrudescencia testicular inicia en el mes de julio coincidiendo con la temporada de máxima precipitación (julio-septiembre), y un decremento en la temperatura del ambiente, mientras que en las hembras el inicio de la vitelogénesis coincide con el fin de la temporada de lluvias y la temporada de menor temperatura (octubre-enero).

Sin embargo, como en la mayoría de las especies vivíparas el nacimiento de las crías coincide con el inicio de la temporada de lluvias que es la época donde se presenta la mayor disponibilidad de alimento (insectos). Se ha señalado que esta es una ventaja de la actividad otoñal, el producir crías durante esta temporada (Goldberg, 1971) ya que las crías pueden alimentarse y crecer para incrementar la sobrevivencia durante el próximo invierno.

La mayoría de las especies del grupo *Torquatus* habitan en zona templadas y presentan un patrón reproductor de tipo otoñal característico de especies que habitan en zonas frías, y como han señalado algunos autores, en estos ambientes la viviparidad representa una ventaja debido a que los embriones se encuentran protegidos dentro del cuerpo de la madre de las condiciones extremas, además de que están protegidos contra los depredadores. Las especies vivíparas tienen mayor éxito reproductor en los ambientes de clima frío que las especies ovíparas, sin embargo, en ambientes de clima cálido, la viviparidad no representa una desventaja en la reproducción sino que presenta las mismas ventajas (en términos de éxito reproductor) que en ambientes fríos (Qualls, 1997); únicamente que se ven limitados a una camada por año a diferencia de las especies ovíparas las cuales pueden producir más de una nidada al año (Guillette *et al.*, 1980). Esto ha llevado a señalar la relación entre la actividad otoñal y los ambientes templados, con la evolución de la viviparidad en algunos géneros de reptiles escamados (Guillette, 1982).

Para *Sceloporus serrifer* el habitar en un ambiente tropical donde las condiciones ambientales son completamente diferentes a las de las demás especies del grupo, no representa una desventaja, por el contrario, apoya la idea de que la actividad otoñal en las especies vivíparas de *Sceloporus* puede ser una característica heredable (filogenética) o puede estar relacionada con la evolución de la viviparidad en este grupo. Las especies estudiadas a la fecha tales como *S. jarrovi*, *S. cyanogenys*, *S. mucronatus*, *S. torquatus*,

*S. poinsetti* presentan un patrón reproductor de tipo otoñal, son vivíparos y pertenecen al mismo grupo *Torquatus*, lo cual lleva a proponer que derivaron de un mismo ancestro común originario de las zonas altas en el centro y norte de México (Sites *et al.*, 1992; Guillette y Méndez de la Cruz, 1993)

De acuerdo con los estudios realizados con las especies de *Sceloporus*, *S. serrifer* es el representante del grupo *Torquatus* que presenta el menor tiempo de desarrollo embrionario el cual se lleva a cabo en un periodo de tres meses, comparado con la mayoría de las especies de ambientes templados en las cuales el desarrollo embrionario abarca un periodo de cuatro a cinco meses. La embriogénesis más corta puede ser una consecuencia directa de habitar en un clima cálido.

El prolongar el periodo de desarrollo embrionario en especies vivíparas del género *Sceloporus* de zonas templadas ha señalado que la temperatura corporal de la madre es un factor importante para el desarrollo de los embriones, ya que la temperatura corporal de las hembras de altas elevaciones es menor que la de bajas elevaciones aún durante el periodo de actividad de las lagartijas (Andrews, 2000) lo que conlleva a mantener por más tiempo los embriones dentro del cuerpo de la madre.

En *Sceloporus serrifer* se presenta un desarrollo embrionario relativamente rápido (enero a abril). Esto está en relación con lo señalado anteriormente ya que no es necesario mantener por mucho tiempo los embriones dentro del cuerpo de la madre, debido a que la temperatura en el lugar es relativamente alta durante la temporada invernal. De acuerdo con Shine (1980) el periodo de desarrollo embrionario está en relación con la temperatura, es decir, el mantener una temperatura alta óptima garantiza y acelera el desarrollo de los embriones.

*Sceloporus serrifer* presenta una madurez sexual temprana antes de su primer año de vida. Contrariamente a lo señalado por Tinkle *et al* (1970) y Dunham *et al* (1994) quienes han relacionado a las especies vivíparas con una madurez sexual retardada. De

acuerdo con los estudios de osteocronología de Aragón (en proceso), se corroboró esta información ya que la hembras de tallas menores de 83 mm con embriones correspondían a organismos menores de un año. La madurez sexual temprana ha sido observada en otras especies vivíparas de *Sceloporus*, tales como *S. jarrovi* (Ballinger, 1973), *S. megalepidurus* (González Ruiz, 1991), *S. torquatus* (Guillette y Méndez de la Cruz, 1993), *S. grammicus* (Guillette y Casas Andreu, 1980) y representa un beneficio ya que logran reproducirse antes de su primer año de vida, así mismo, aprovechan la época de mayor disponibilidad de alimento para crecer. Los machos alcanzan la madurez sexual a los cinco meses y las hembras a los seis meses, esto se debe principalmente a que la recrudescencia testicular inicia cinco meses después de que ocurren los nacimientos, así los machos deben asegurar su descendencia ya que de otro modo se reproducirían hasta el siguiente año, además de que deben competir con los machos de tallas mayores. Durante este periodo las hembras aún se encuentran previtelogénicas y las que nacieron en la primavera aún son inmaduras, sin embargo, son maduras sexualmente un mes después que los machos, esto también hace que aseguren su descendencia dentro de su primer año de vida. De esta manera en esta especie se combinan dentro de su estrategia reproductora, la viviparidad y la madurez sexual temprana, optimizando la supervivencia y el éxito reproductor .

Se ha señalado al tipo de reproducción como un factor importante en la regulación del tamaño de la camada o nidada. Tinkle *et al.* (1970) y Fitch (1978) señalan que las lagartijas vivíparas generalmente tienen una sola camada por año y tienden a tener un mayor número de crías que las lagartijas ovíparas que tienen múltiples nidadas. Esto se

representa a manera de gasto energético; las lagartijas vivíparas al llevar consigo a los embriones durante todo el desarrollo embrionario hasta el momento del nacimiento garantizan su supervivencia, pero el gasto energético es demasiado alto, siendo más vulnerables a los depredadores y a la pérdida en la habilidad para alimentarse (Shine, 1985).

El tamaño de la camada está influenciado por la madurez sexual temprana y el tamaño del cuerpo de la hembra, las hembras que nacieron durante la primavera presentan tallas pequeñas comparadas con las de tallas mayores que corresponden a hembras mayores de un año, por lo cual presentan tamaños pequeños de camadas. De esta manera las hembras que nacieron en esa primavera aseguran su reproducción dentro de su primer año de vida.

El papel que desempeñan los cuerpos grasos durante la actividad reproductora de algunos lacertilios de ambiente templado es la de servir como fuente de energía durante la vitelogénesis y la sobrevivencia durante la temporada invernal (Goldberg, 1972).

*Sceloporus serrifer* presenta un patrón muy similar al descrito para las hembras de *S. jarrovi* (Goldberg, 1972); el máximo valor del índice somático de los cuerpos grasos (ISCG) se presenta en el mes de agosto, justo al inicio de la vitelogénesis, a partir de este se observa una marcada disminución durante los siguientes meses, esto indica que parte de la energía almacenada en los cuerpos grasos es utilizada durante la vitelogénesis y la temporada invernal. Los valores más bajos (casi nulos) se presentan justo antes del momento del parto indicando que la mayor parte es utilizada como fuente de energía durante la preñez.

Para el caso de los machos, no se registraron diferencias estadísticamente significativas en el índice somático de los cuerpos grasos durante el año, aunque cabe señalar que se registraron los valores más bajos durante la temporada invernal (enero y

febrero), cuando los machos se encuentran inactivos posterior a la recrudescencia testicular, esto parece indicar que una parte de la energía de los cuerpos grasos es utilizada durante el invierno, sin embargo, a diferencia de las hembras el tamaño de los cuerpos grasos es menor tendiendo a la disminución y casi desaparición, por lo cual no tienen una participación importante en la actividad reproductora de los machos; contrariamente a como sucede en las demás especies de *Sceloporus* de ambiente templado como *S. jarrovi* (Goldberg, 1972), *S. mucronatus* (Méndez de la Cruz et al., 1988) y *S. formosus* (Guillette y Sullivan, 1985), en los cuales la energía de los cuerpos grasos es utilizada durante el cortejo y apareamiento, y la mayor parte en la temporada invernal. Además de que presenta el tamaño más pequeño de cuerpos grasos comparado con estas especies de *Sceloporus*. Aunque es importante señalar que en la región donde habita *Sceloporus serrifer* el invierno no es extremoso como en las regiones templadas y la temperatura solo varía unos cuantos grados entre la temporada de verano e invierno. Algunos estudios han señalado que en las especies de ambientes tropicales existe una tendencia a la disminución y casi desaparición de los cuerpos grasos, debido a que no es necesario un almacenamiento de energía para sobrevivir durante el invierno debido a la poca variación entre la temporada de invierno y verano y la disponibilidad de alimento durante todo el tiempo.

Varios autores han señalado que factores externos como el fotoperíodo, la temperatura ambiental y la precipitación influyen directamente sobre la actividad reproductora de los organismos (Fitch, 1970, 1982; Guillette y Méndez de la Cruz, 1993). Sin embargo, los estudios sobre ciclos reproductores con reptiles han relacionado los cambios de las gónadas con las variables climáticas, y en muchos casos, esto no representa la influencia de estos factores sobre la actividad reproductora, debido a la dificultad de diferenciar entre los cambios de las variables climáticas. Inclusive se intenta identificar la influencia de los factores climáticos en una sola especie mediante un

gradiente latitudinal o altitudinal donde se pueden presentar este tipo de problemas. Sin embargo, se debe asumir que cada población presenta adaptaciones fisiológicas a ciertos factores ambientales (Licht, 1984), de esta manera solo los estudios de campo que comparan una sola población durante años pueden ofrecer una relación más clara de que forma las variables climáticas participan en la actividad reproductora de los organismos .



## CONCLUSIONES

1. *Sceloporus serrifer* es una especie vivípara de ambiente tropical, con un patrón reproductor con características similares a las registrados en las demás especies del grupo *Torquatus* de ambiente templado.
2. Presenta una actividad reproductora asincrónica entre ambos sexos, pero difiere de las demás especies vivíparas de *Sceloporus* en la temporada de máxima actividad. Los machos presentan un patrón reproductor de tipo otoñal, en donde la recrudescencia testicular ocurre en el verano y la máxima actividad en el otoño. Las hembras presentan un patrón reproductor invernal, donde la vitelogénesis inicia a principios del otoño y la ovulación y fertilización a principios de invierno. Sugiriendo que existe el almacenamiento de espermatozoides dentro del tracto de la hembra después del apareamiento.
3. El desarrollo embrionario se lleva a cabo durante los meses de invierno (enero-abril) y es más rápido que en las demás especies vivíparas de *Sceloporus*, seguramente como consecuencia de las altas temperaturas de la región. Sin embargo, al igual que las otras especies, el parto ocurre en la primavera coincidiendo con el inicio de la temporada de lluvias cuando la disponibilidad de alimento (insectos) para las crías es mayor.
4. *Sceloporus serrifer* muestra una madurez sexual temprana, los machos maduran cinco meses después del nacimiento y las hembras después de seis meses, es decir, dentro de su primer año de vida.

5. La actividad de los cuerpos grasos está relacionada con la actividad reproductora de las hembras, ya que gran parte de la energía almacenada es utilizada durante la preñez, a diferencia de los machos, en los cuales no existe relación entre la actividad reproductora y la actividad de los cuerpos grasos, sin embargo, en ambos sexos parte de esa energía es utilizada durante la temporada invernal.

6. La similitud en cuanto a la actividad reproductora de *S. serrifer* con las demás especies vivíparas apoya la idea de que la actividad otoñal en las especies vivíparas de *Sceloporus* puede ser una característica filogenética y puede estar relacionada con la evolución de la viviparidad en este grupo. *Sceloporus serrifer* y los demás especies del grupo *Torquatus* son vivíparas y las evidencias sugieren que derivaron de un mismo ancestro originario en las zonas altas del Norte o centro de México.

7. La presencia de esta especie así como el éxito reproductor en las tierras bajas tropicales apoya la idea de que una vez originada la viviparidad, ésta es irreversible y no representa una desventaja en estas regiones.

## LITERATURA CITADA

- Andrews R. M. 2000. Evolution of viviparity in squamate reptiles (*Sceloporus* spp.) : a variant of the cold-climate model. *J. Zool. Lond.* 250 : 243 – 253.
- Aragón L. (en proceso). Madurez sexual temprana en especies vivíparas de *Sceloporus*. Tesis de Maestría. Facultad de ciencias. UNAM.
- Ballinger R. E. 1973. Comparative demography of two viviparous iguanid lizards (*Sceloporus jarrovi* and *Sceloporus poinsetti*). *Ecology.* 54 : 269 – 283.
- Benabib M. 1993. Los vertebrados y las historias de vida. *Ciencias.* Mayo 7 : 23 – 31.
- Benabib M., K. M. Kjer, y J. W. Sites Jr. 1997. Mitochondrial DNA sequence-based phylogeny and the evolution of viviparity in the *Sceloporus scalaris* group (Reptilia, Squamata ). *Evolution* 31:1262-1275.
- Dufaure J. P., y J. Hubert. 1961. Table de développement du lézard vivipare: *Lacerta* (*Zootoca*) *vivipara* Jacquin. *Archives Anatomie Microscopie Morphologie Experimental.* 50:309-328.
- Dunham, A. E., D. B. Miles y D. N. Reznick, 1994. Life history patterns in squamate reptiles. In: *Biology of the Reptilia: Defense and Life History* . Ed. Gans, C. Y R. B. Huey. New York. Pp. 441-522.
- Dutch G. J. 1988. La conformación territorial del estado de Yucatán. Universidad Autónoma de Chapingo, Primera Edición. México. 427 p..
- Fitch H. S. 1970. Reproductive cycles in lizards and snakes. *Univ. Kans. Mus. Nat. Hist., Mics. Publ.* 52: 1-247.
- Fitch H. S. 1978. Sexual size differences in the genus *Sceloporus*. *Science bulletin.* 51(13) : 441-461.
- Fitch H. S. 1982. Reproductive cycles in tropical reptiles. *Occ. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas.* 96: 1-53.

- Fitch H. S. 1985. Variation in clutch and litter size in new world reptiles. Univ. Kans. Mus. Nat. Hist. Mis. Publ. 76 : 1-76.
- Flores J. S., e I. Espejel 1994: Etnoflora yucatanense. Fascículo 3. Edit. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 135 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sitsema de clasificación climática de Kopen. Instituto de geografía. UNAM, México. 252 pp.
- Goldberg, S. R. 1971. Reproductive cycle of the ovoviviparous iguanid lizards *Sceloporus jarrovi* Cope. Herpetologica. 27:123-131.
- Goldberg, S. R. 1972. Seasonal weight and cytological changes in the fat bodies and liver of the iguanid lizard *Sceloporus jarrovi* Cope. Copeia. 1972 (2) : 227-232.
- Gonzalez Ruiz G. A. 1991. Aspectos de la ecología poblacional de *Sceloporus megalepidurus* en el oriente de Tlaxcala, México. Tesis de Licenciatura en Biología. ENEP Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guillette L. J. Jr. 1982. The evolution of viviparity and placentation in the high elevation, mexican lizard *Sceloporus aeneus*. Herpetology 38:94-103.
- Guillette L. J. Jr. 1993. The evolution of viviparity in lizards. Bioscience.43(11):742-751.
- Guillette L. J. Jr., R. E. Jones, K. T. Fitzgerald y H. M. Smith. 1980. Evolution of viviparity in the lizards genus *Sceloporus*. 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(2):168-174.
- Guillette L. J. Jr., y G. Casas Andreu. 1980. Seasonal variation in fat body weights of mexican high elevation lizard *Sceloporus grammicus microlepidurus*. J. Herpetol. 15(3):366-371.
- Guillette, L. J. Jr. y W. P. Sullivan, 1985. Reproductive and fat body cycles of the lizards, *Sceloporus formosus*. J. Herpetol. 19:474-480.
- James C. y R. Shine, 1985. The seasonal timing of reproduction: A tropical-temperate comparison in Australian lizards. Oecologia 67:464-474.

- Lee J. C. 1996. The amphibians and reptiles of the Yucatan Peninsula. Cornell University Press. Pp. 211-221.
- Licht, P. 1984. Reptiles. Pp. 206-321. In. G. E. Laming, Ed. Marshall's. Physiology of reproduction. Vol. I: Reproductive cycles of vertebrates. Churchill Livingstone, N. Y.
- Manríquez Moran N. L. 1995. Estrategias reproductoras en las hembras de dos especies Hermanas de Lacertilios: *Sceloporus aeneus* y *S. bicanthalis*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mathies T., y R. M. Andrews. 1995. Thermal and Reproductive Biology of High and Low Elevation Populations of the Lizards, *Sceloporus scalaris*: Implications for the Evolution of Viviparity. *Oecologia* (Berlin). 104:101-111.
- Méndez de la Cruz F. y M. Villagrán Santa Cruz. 1998. Reproducción asincrónica de *Sceloporus palaciosi* (Sauria: Phrynosomatidae) en México, con comentarios sobre sus ventajas y regulación. *Rev. Biol. Trop.* 46(4):1159-1161.
- Méndez de la Cruz F., L. J. Guillette Jr., M. Villagrán Santa Cruz y G. Casas Andreu. 1988. Reproductive and Fat Body Cycles of the Viviparous Lizards *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). *Journal of Herpetology*. 22:1-12.
- Méndez de la Cruz F., M. Villagrán Santa Cruz . y R. M. Andreus. 1998. Evolution of Viviparity in the Lizards Genus *Sceloporus*. *Herpetologica*. 54(4):521-523.
- Mink D. G., y J. W. Sites Jr. 1996. Species Limits, Phylogenetic Relationship, and Origins of Viviparity in the *Scalaris* Complex of the Lizards Genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae: sauria). *Herpetologica*. 52:551-571.
- Qualls C. 1997. The Effects of Reproductive Mode and Climate on Reproductive Success in The Australian Lizard, *Lerista bougainvillii*. *Journal of Herpetology*. Australia. 31:60-65.
- 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. *Journal of Herpetology*. 32:18-24.

- Ramírez Bautista A., y L. J. Vitt, 1997. Reproduction in the lizard *Anolis nebulosus* (Polychrotidae) from the Pacific Coast of México. *Herpetologica*. 53(4):423-431.
- Ramírez Bautista A., Z. Uribe Peña, y L. J. Guillette, Jr. 1995. Reproductive Biology of the lizard *Urosaurus bicarinatus bicarinatus* (Reptilia: Phrynosomatidae) from Rio Balsas Basin, México. *Herpetologica*. 51:103-110.
- Shine R, 1984. Physiological and ecological questions on the evolution of reptilian viviparity. En Seymour, R. S. (Eds.). *Respiration and metabolism of embryonic vertebrates*. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht / Boston/London. Pp.147-154.
- Shine R. 1985. The evolution of viviparity in reptiles: An ecological analysis. Pags. 605-694. In C. Gans y F. Billet (Eds.). *Biology of reptilia*. John Wiley and Sons. New York.
- Shine R. 1995. A new hypothesis for the evolution of viviparity in reptiles. *Am. Nat.* 145:809-823.
- Sites J. W., Jr., J. W. Archie, C. J. Cole, y O. F. Villela. 1992. A Review of the phylogenetic hypotheses for the lizards of genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): Implications for ecological and evolutionary studies. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 213:1-110.
- Smith H. M. 1986. Terminology of reproductive parities. *Bulletin Maryland Herpetological Society*. 22 : 19-20.
- Thinkle, D. W. y J. W. Gibbons, 1977. The distribution and evolution of viviparity in reptiles. *Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich.* 154:1-55.
- Tinkle D. W., H. M. Wilbur and Stephen G. Tilley. 1970. Evolutionary strategies in lizards reproduction. *Evolution*. 24:55-74.
- Wiens J. J. and Reeder T.W. 1997. Phylogeny of the spiny lizards (*Sceloporus*) based on molecular and morphological evidence. *Herpetological Monographs*. 11:1-101.
- Zug, G. 1993. *Herpetology. Introductory biology of amphibians and reptiles*. Ed. Academic Press. EUA. Pp. 167-193.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA