



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO COMPARATIVO DEL PATRON REPRODUCTOR DE LOS MACHOS DE DOS ESPECIES DE LAGARTIJAS EMPARENTADAS CON DISTINTO MODO REPRODUCTOR: *Sceloporus aeneus* Y *S. bicanthalis*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

OSWALDO HERNANDEZ GALLEGOS

MEXICO, D.F.



1995

FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE CIENCIAS SECCION ESCOLAR

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

75
2ej



Universidad Nacional
Autónoma de México



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

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

" Estudio comparativo del patrón reproductor de los machos de dos especies de lagartijas emparentadas con distinto modo reproductor: Sceloporus aeneus y S. bicanthalis "

realizado por

Hernández Gallegos Oswaldo

con número de cuenta 8823401-8 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dr. Fausto Roberto Méndez de la Cruz

Propietario

Dra. Maricela Villagrán Santa Cruz

Propietario

M. en C. Patricia Rivas Manzano

Suplente

Dr. Adrian Nieto Montes de Oca

Suplente

M. en C. Fernando Mendoza Quijano

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología

M. en C. Alejandro Martínez Mena

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
SECRETARÍA DE BIENESTAR SOCIAL

7

Con afecto y agradecimiento a mis padres, Laura Gallegos y Jorge Hernández, por el constante apoyo recibido sin el cual no hubiera podido alcanzar muchas metas.

A mis hermanos, Jorge, Maricruz, Veronica, Nancy y Felipe, por los momentos inolvidables de la niñez, y por que de alguna manera contribuyeron para la realización de este trabajo.

A mis sobrinos, Paulina y Fernando, motivo de ternura y superación.

A mis abuelos Cruz Allende y Fidel Gallegos
En memoria a mis abuelos Juana Moreno y Felipe Hernández

Muy especialmente a Norma L. Manríquez Morán, por la paciencia, apoyo y cariño que siempre me ha demostrado.

AGRADECIMIENTOS

A mis maestros la Dra. Maricela Villagrán Santa Cruz y el Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz, por haberme proporcionado el tema de tesis, y brindarme su apoyo y confianza, sin los cuales no hubiera podido lograr este trabajo.

Al Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz, a la Dra. Maricela Villagrán Santa Cruz, a la M. en C. Patricia Rivas Manzano, al Dr. Adrian Nieto Montes de Oca y al M. en C. Fernando Mendoza Quijano, por sus valiosas sugerencias al manuscrito, las cuales ayudaron a mejorarlo en gran medida.

Al Dr. Fausto R. Méndez de la Cruz, por haberme facilitado toda la literatura especializada y por la ayuda en el uso de la computadora.

A la Dra. Maricela Villagrán Santa Cruz y a la Bióloga Teresa López Murillo, por su gran ayuda en el trabajo histológico.

A todos y cada uno de mis compañeros de la Biología de Campo.

Al Laboratorio de Biología de la Reproducción Animal de la Facultad de Ciencias y al Laboratorio de Herpetología del Instituto de Biología, por el espacio brindado para la realización de este trabajo.

A CONACyT proyecto no. 400355-5-2155 N9303 y a DGAPA proyecto no. IN 210594 por el apoyo económico brindado.

Y a todas aquéllas personas que contribuyeron de alguna forma en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	5
Clasificación de los ciclos reproductores en lagartijas.....	5
Regulación de los ciclos reproductores.....	9
Papel de los cuerpos grasos en el ciclo reproductor.....	10
Algunas diferencias reproductoras entre lagartijas ovíparas y vivíparas.....	12
Eventos que caracterizan la espermatogénesis.....	12
OBJETIVOS.....	16
ÁREAS DE ESTUDIO.....	17
Ubicación.....	17
Climatología.....	17
Geología y Suelo.....	18
Vegetación.....	19
MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
RESULTADOS.....	24
Actividad reproductora.....	24
<i>Sceloporus aeneus</i>	24
<i>S. bicanthalis</i>	41
Regulación ambiental de la actividad testicular.....	57
DISCUSIÓN.....	59
Actividad reproductora.....	59
Regulación de la actividad reproductora.....	66
Algunas otras diferencias reproductoras entre <i>S. aeneus</i> y <i>S. bicanthalis</i>	71
CONCLUSIONES.....	77
LITERATURA CITADA.....	78

RESUMEN

Durante un año, realizando colectas mensuales y utilizando datos macroscópicos y microscópicos de las gónadas, se definió el ciclo reproductor en machos de dos especies de lacertilios que estando emparentados, presentan distinto modo reproductor: *Sceloporus aeneus* (ovípara) y *S. bicanthalis* (vivípara). Ambas especies habitan regiones montañosas en el Eje Neovolcánico Transversal.

Se encontró que los machos de *Sceloporus aeneus*, maduran a una talla de 48 mm de longitud hocico-cloaca y exhiben las fases típicas del ciclo espermatogénico (i. e. recrudescencia testicular, máxima actividad, regresión y quiescencia gonadal), ocurriendo la máxima actividad a finales del invierno y principios de primavera. Por otro lado, en *S. bicanthalis* la madurez sexual se alcanza a los 35 mm, y los machos exhiben una actividad testicular continua, caracterizada por: espermatogénesis, espermiogénesis, espermatozoides maduros en túbulos seminíferos y epidídimo, y células intersticiales, presentes en todas las estaciones del año. A pesar de que se observó una variación estacional en el peso testicular y diámetro de los túbulos seminíferos, ésta fue producto de la diferencia en tallas de los organismos, más no de actividad reproductora estacional.

Con respecto a la regulación del ciclo reproductor, la precipitación parece ser el factor más importante en la reactivación gonadal en *Sceloporus aeneus*, y ésta junto con la temperatura, parecen no restringir la actividad reproductora en *S.*

bicanthalis.

Los cuerpos grasos son importantes en la reactivación testicular en *S. aeneus*, mientras que en *S. bicanthalis*, estas estructuras parecen ser preponderantes para que se manifieste una actividad reproductora continua.

INTRODUCCIÓN

En México, todavía se desconoce acerca de la historia natural de la mayoría de las especies de reptiles, lo cual resulta muy lamentable, si se recuerda la amplia diversidad que de estos animales se tiene en el país (Smith y Smith, 1976).

En particular las lagartijas del género *Sceloporus*, han figurado prominentemente en investigaciones como ecología de poblaciones, comunidades, fisiología ecológica, comportamiento social, transmisión de enfermedades, biogeografía y reproducción (Sites et al., 1992).

La prominencia de sceloporinos en este tipo de estudios es indudablemente debido a tres factores. Primero, el género está ampliamente distribuido en Norte América, extendiéndose desde la sección noroeste del Pacífico en Estados Unidos y el extremo sur de la Columbia Británica, Canadá, cruzando la mayor parte del territorio de E. U. A. (Smith, 1946), a través de todo el territorio mexicano, Costa Rica y extremo oeste de Panamá (Savage, 1982; Kourani et al., 1970; Sites et al., 1992). En segundo lugar, el género es extremadamente diverso en términos de número de especies (al menos 69, tratándose de estimaciones conservadoras) (Paull et al., 1976) y sus adaptaciones morfológicas, ecológicas, etológicas y fisiológicas. Tercero, la abundancia local de muchas especies y su relativamente fácil manera de colectarlas (Sites et al., 1992). Estas características hacen de ellas organismos muy utilizables para los estudios antes mencionados. No obstante estas ventajas y el predominio de *Sceloporus* en muchos programas de

investigación en biología orgánica, la falta de conocimiento acerca de su biología reproductora, ha causado una intensa investigación, la cual ha cobrado mayor fuerza con el transcurso de los años y en la actualidad se encuentra con un avance muy significativo.

ANTECEDENTES

Antes de la década de los sesentas, sólo existía información fragmentaria sobre los ciclos reproductores de los reptiles. A partir de esta fecha, el conocimiento sobre la biología reproductora de este grupo ha venido aumentando cada vez más. Aunque la información es reducida en algunos grupos (cocodrilos y anfisbénidos) (Feria, 1986), en lacertilios es extensa, ya que se han realizado múltiples trabajos acerca de este tópico, incluyendo tanto especies que ocurren en zonas templadas, como aquéllas que habitan áreas tropicales, por ejemplo: *Sceloporus orcutti*, *S. olivaceus*, *S. spinosus*, *S. jarrovi*, *S. poinsetti*, *S. grammicus microlepidotus*, *S. megalepidurus*, *S. formosus*, *Barisia monticola*, *S. torquatus*, *S. mucronatus*, *S. grammicus disparilis*, *B. imbricata*, *S. torquatus* (Fitch, 1970; Goldberg, 1971; Ballinger, 1973; Guillette y Casas-Andreu, 1980; Jameson, 1981; Méndez-de la Cruz y Villagrán, 1983; Godínez, 1985; Guillette y Sullivan, 1985; Vial y Stewart, 1985; Feria, 1986; Guillette y Bearce, 1986; Guillette y Casas-Andreu, 1987; Méndez-de la Cruz et al., 1988; Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993). La información recabada hasta la fecha, ha demostrado la existencia de un gran número de variantes en los ciclos reproductores de estos organismos, los cuales han podido agruparse en una clasificación general.

CLASIFICACIÓN DE LOS CICLOS REPRODUCTORES EN LAGARTIJAS

En general se ha encontrado que los lacertilios pueden tener uno de tres tipos de patrones reproductores: continuos o acíclicos,

anuales y bianuales; dependiendo de la productividad del medio.

CONTINUOS. Debe ponerse mucho cuidado al manifestar que una lagartija exhibe una reproducción continua, ya que son varios factores los que deben tomarse en cuenta para realizar dicha aseveración (Licht, 1984). Sin embargo, aunque son pocos los ejemplos, sí se han encontrado lacertilios que manifiestan una reproducción verdaderamente continua (i. e. con niveles comparables en la actividad reproductora en todos los meses). Dos de los mejores ejemplos lo constituyen los estudios realizados por Church (1962) en Java y por Inger y Greenberg (1966) en Borneo. El primero a través de observaciones histológicas, confirmó la presencia de una espermatogénesis activa y la producción de espermatozoides en todos los adultos que él analizó; además de que los cuerpos grasos estuvieron ausentes en todo el año. Inger y Greenberg (op. cit.) presentaron evidencia de una actividad reproductora continua en dos geckos y en dos agámidos en la selva tropical en Borneo a una latitud de 1° 37' N; el esperma estuvo presente en los testículos y conductos reproductores a lo largo de todo el año y no hubo fluctuaciones estacionales en el peso de las gónadas y en los cuerpos grasos. Otros ejemplos de lacertilios con reproducción continua lo constituyen *Leilopisma rhomboidalis* (Licht, 1984) y *Barisia monticola* (Vial y Stewart, 1985). En éstos, el estudio macroscópico y microscópico reveló la continuidad reproductora de los machos.

El patrón reproductor continuo o acíclico, con niveles similares en intensidad de la actividad reproductora en todo el

año, ha sido registrado exclusivamente para las regiones tropicales.

Dentro de esta clasificación, también se incluyen a los reproductores continuos que tienen niveles variables en la intensidad de la actividad reproductora. Especies con este patrón reproductor tienden a ser de distribución tropical. Tales patrones reproductores han sido observados en especies de los géneros *Anolis* (Licht y Gorman, 1970; Ruibal et al., 1972), *Ameiva* (Soma y Brooks, 1976), *Agama* (Kasinathan y Basu, 1973) y *Sceloporus* (García-Collazo et al., 1993). En ellas, aunque manifiestan una actividad espermatogénica a lo largo de todo el año, existen fluctuaciones en el peso testicular, lo cual sugiere una estacionalidad en la tasa de producción de espermatozoides. Sin embargo, en estas especies los cambios estacionales son mucho menos dramáticos que en las especies de zonas templadas.

ANUALES. Dentro de esta categoría quedan incluidas gran parte de las lagartijas, tanto de regiones tropicales y claro está, las de las áreas templadas.

Como ejemplo de una especie tropical está *Leiolopisma fuscum*, que presenta una marcada actividad reproductora de octubre a febrero, con un incremento en diciembre y enero en ambos sexos (Wilhoft y Reiter, 1965).

Para el caso de especies que habitan regiones templadas, un primer tipo de patrón es el encontrado para lagartijas ovíparas (*Sceloporus orcutti*, *S. spinosus*, *S. graciosus*) (Fitch, 1970) y vivíparas (*Lacerta vivipara*, *Gerrhonotus coeruleus*, *Phrynosoma*

douglassi, *Xantusia vigilis*) (Miller, 1951; Vitt, 1973; Stewart, 1979, 1985; Xavier, 1982), en el cual machos y hembras exhiben el máximo desarrollo gonadal durante la primavera, con subsecuente cortejo, apareamiento y oviposición o parto, ocurriendo durante la primavera o el verano. Un segundo patrón es el de la actividad otoñal, que fue descrito por primera vez en detalle para la lagartija vivípara *S. jarrovi* (Golberg, 1970, 1971). A partir de éste, varios estudios realizados han sugerido que la reproducción otoñal no es rara y puede ser un modo reproductor común para especies de lagartijas vivíparas de montaña (Guillette y Sullivan, 1985). En éstas los eventos tales como la ovulación, cortejo, apareamiento y fertilización se registran durante los meses otoñales; y el desarrollo embrionario se lleva a cabo en el invierno y primavera, en tanto que el parto ocurre en esta última. En México, dicha actividad ha sido registrada en tres familias de lacertilios: Phrynosomatidae (ver revisión de Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993), Scincidae (Guillette, 1983) y Anguidae (Guillette y Casas-Andreu, 1987). Sin embargo, estudios del fenómeno de la actividad otoñal han establecido otra forma de esta estrategia reproductora, es decir, la presencia de una asincronía de la actividad reproductora entre machos y hembras (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993). Los machos exhiben máxima actividad gonadal durante la primavera o el verano, mientras que las hembras son vitelogénicas y ovulan durante el otoño (*S. grammicus microlepidotus*, *S. formosus*, *S. mucronatus*) (Guillette y Casas-Andreu, 1980; Guillette y Sullivan, 1985; Méndez-de la Cruz et al.,

1988).

BIANUALES. La reproducción bianual es común principalmente en muchos vipéridos, en especies de los géneros *Crotalus* y *Agkistrodon* (Saint-Girons, 1966), pero en lacertilios parece ser más bien rara, como es el caso de *Sauromalus obesus* (Nagy, 1973); asimismo, las hembras de *Barisia monticola* (Vial y Stewart, 1985), parece que muestran un patrón reproductor bianual, con un extenso período de gestación (1 año).

Esta diversidad en patrones reproductores indica que son diferentes factores los que están influenciando el período de la actividad reproductora (Méndez-de la Cruz et al., 1988).

REGULACIÓN DE LOS CICLOS REPRODUCTORES

Debe considerarse que para una misma especie pueden ser uno o varios factores los que desencadenan la actividad reproductora, o bien una conjugación de estímulos y en algunos casos, los machos se verán más afectados por unos factores y las hembras por otros (Duvall et al., 1982; Licht, 1984). En general, se ha manifestado que los ciclos reproductores son regulados por dos componentes principales, el medio externo y el medio interno del organismo (Méndez-de la Cruz, 1989). Dentro del medio interno, el control hormonal es el más importante (Orr, 1978). Factores externos como la temperatura, el fotoperíodo y la precipitación, parecen ser las principales señales que disparan o inhiben la actividad reproductora en lagartijas de regiones templadas (Duvall et al., 1982; Licht, 1984; Méndez-de la Cruz et al., 1988; Guillette y

Méndez-de la Cruz, 1993). Se ha visto que el incremento en la temperatura desencadena la espermatogénesis en especies como: *Xantusia vigilis*, *Dipsosaurus dorsalis*, *Phrynosoma cornutum*, *Anolis carolinensis*, y *S. undulatus*, entre otros. Los machos reproductores de primavera están influenciados por el incremento de la temperatura ambiente (Marion, 1982). A diferencia de lo anterior, Guillette y Casas-Andreu (1987) observaron que en *Barisia imbricata*, la actividad testicular estuvo correlacionada con la precipitación. Por otro lado, el incremento en el fotoperíodo en combinación con temperaturas moderadas estimulan la actividad testicular en *X. vigilis* (Licht, 1972) y estimulan y mantienen la actividad gonadal en *A. carolinensis*. Sin embargo, es importante determinar como es que estos factores afectan la nutrición, ya que muchos estudios han demostrado que una adecuada nutrición es requerida para la vitelogénesis y la actividad ovárica normal (Hahn y Tinkle, 1965; Greenberg y Gist, 1985). Se ha demostrado que en *Urosaurus ornatus* la precipitación no influye en la actividad reproductora, pero si en la frecuencia y tamaño de la nidada (Martin, 1977). Propone que la precipitación afecta la disponibilidad de insectos y por lo tanto la nutrición de la hembra. Cuellar (1973) realizó una observación similar concerniente a la nutrición y función testicular en los machos de la lagartija *A. carolinensis*.

PAPEL DE LOS CUERPOS GRASOS EN EL CICLO REPRODUCTOR

Diversos estudios realizados, indican que la cantidad de

lluvia regula indirectamente la masa de los cuerpos grasos, debido a que ésta determina la cantidad de alimento (Derickson, 1976; Ballinger, 1977; Dunham, 1981). Estos órganos comúnmente están presentes entre las lagartijas, particularmente en las especies de zonas templadas (Ballinger, 1973; Guillette y Casas-Andreu, 1980; Guillette y Casas-Andreu, 1987; Méndez-de la Cruz et al., 1988; Méndez-de la Cruz et al., 1994); y también ocurren en lagartijas que habitan zonas semi-templadas, como en ciertas especies del género *Anolis*, en *Sceloporus formosus*, *S. v. variabilis*, entre otras (Licht y Gorman, 1970; Guillette y Sullivan, 1985; García-Collazo et al., 1993).

En algunas especies de geckos tropicales como: *Cosymbotus platyurus*, *Hemidactylus frenatus* y *Peropus mutilatus*, los cuerpos grasos pueden estar ausentes (Church, 1962). En la mayoría de los estudios en los cuales los valores de la gónada y cuerpos grasos han sido obtenidos, se ha demostrado una correlación inversa entre el peso de ambos, lo cual sugiere que dichos órganos están aportando la energía necesaria para el mantenimiento del esfuerzo reproductor (Derickson, 1976; Guillette y Casas-Andreu, 1981; Méndez-de la Cruz et al., 1988).

A partir de lo anterior se ha sugerido que, en las hembras de lacertilios de zonas templadas, los lípidos almacenados en los cuerpos grasos pueden ser utilizados para la vitelogénesis y la nutrición invernal (Hahn y Tinkle, 1965; Golberg, 1972; Guillette y Casas-Andreu, 1981). Mientras que los machos, además de emplearlos en la época más desfavorable, se cree que son utilizados

para la recrudescencia testicular, durante la formación de territorios y en la conducta de cortejo (Goldberg, 1971; Guillette y Casas-Andreu, 1981; Mckiney y Marion, 1985).

ALGUNAS DIFERENCIAS REPRODUCTORAS ENTRE LAGARTIJAS OVÍPARAS Y VIVÍPARAS

Sin considerar la estrategia reproductora, ventajas y desventajas han sido asociadas a la oviparidad y a la viviparidad en reptiles (Neill, 1964; Tinkle y Gibbon, 1977). En lagartijas se han discutido aspectos como la sobrevivencia, época de nacimientos y maduración sexual (Neill, 1964; Tinkle y Gibbons, 1977).

De acuerdo con Méndez-de la Cruz et al., (1995) mientras que en las especies ovíparas, la puesta de huevos corresponde con el fin de la estación lluviosa, los nacimientos de las crías en las especies vivíparas corresponden con el inicio de la estación lluviosa. Dicha estación representa el período de máxima abundancia de alimento (Guillette y Casas-Andreu, 1980; Méndez-de la Cruz, 1989), por lo que las crías aprovechan ésta para alcanzar la madurez sexual y reproducirse a la siguiente primavera después de su nacimiento. De esta manera pueden reproducirse en su primer año de vida, contrariamente a lo que sucede en muchas de las especies ovíparas (Tinkle et al., 1970; Tinkle, 1972, 1976), en las cuales la madurez no se alcanza hasta el segundo año de vida.

EVENTOS QUE CARACTERIZAN LA ESPERMATOGÉNESIS

En los reptiles, el proceso espermatogénico tiene lugar en los

túbulos seminíferos donde se forman varias capas del epitelio germinal (Villagrán et al., 1994). Dicho proceso puede ser dividido en cuatro fases principales: Fase 1) Quiescencia, caracterizada por la presencia de espermatogonias entremezcladas con células de Sertoli, restos celulares y espermatozoides en degeneración. Fase 2) Recrudescencia, en donde hay una máxima proliferación de espermatogonias y división de espermatoцитos; Fase 3) Máxima actividad testicular, caracterizada por la presencia de una gran cantidad de espermátidas (la mayoría en espermiogénesis) y espermatozoides llenando completamente el epidídimo y Fase 4) Regresión, donde existe una erosión gradual y subsecuente reducción del epitelio germinal, además de que algunos tipos celulares se encuentran en degeneración (Estrada-Flores et al., 1990; Villagrán et al., 1994). Aunado a lo anterior, han sido observados cambios estacionales en la estructura testicular (i. e., túbulos seminíferos, células intersticiales) y células del epitelio de los conductos del epidídimo en machos de las lagartijas *Xantusia vigilis* (Miller, 1948), *Sceloporus occidentalis* (Wilhoft y Quay, 1961), *Leiopisma fuscum* (Wilhoft y Reiter, 1965), *Uma inornata*, *U. notata* y *U. scoporia* (Mayhew y Wright, 1970), *S. malachiticus* (Marion y Sexton, 1971), *S. scalaris* (Newlin, 1976) y *S. mucronatus* (Estrada-Flores et al., 1990; Villagrán et al., 1994).

En otro orden de ideas, la literatura ha revelado que los trabajos sobre diferentes tópicos, relativos a lacertilios habitantes del territorio nacional, son muy numerosos para algunas especies y relativamente escasos o nulos para otras. En lo

referente a *Sceloporus aeneus* y *S. bicanthalis*, éstas son dos lagartijas que han sido sujetas a mucha controversia, y su taxonomía en la actualidad no está claramente definida (Guillette y Smith, 1985; Sites et al., 1992; Mink, 1993; Smith et al., 1993). Aún cuando se han estudiado aspectos referentes a su distribución, reproducción, morfología y cariólogía (Guillette 1981, 1982).

Respecto a su distribución, Guillette y Smith (1985), Sites et al., 1992, Smith et al., (1993), Mink (1993), mencionan que las poblaciones de *Sceloporus aeneus* ocurren en la porción oeste del Valle de México, en el estado de Michoacán y en las montañas que circundan la ciudad de Uruapan, a elevaciones que van de los 2350 hasta posiblemente los 3000 msnm; mientras que las de *S. bicanthalis*, prácticamente todas (excepto las del Nevado de Toluca que son las que se encuentran más al oeste), se distribuyen desde el perímetro Este del Valle de México hasta el estado de Veracruz, en altitudes que van de los 3000 a 4400 msnm. Guillette y Smith (1985) mencionan que algún solapamiento en la distribución de las dos especies puede ocurrir, sin embargo, aún no han sido encontradas poblaciones híbridas.

En lo referente a morfología y cariólogía, Guillette y Smith (1985), establecen que las dos especies pueden ser distinguidas por el número de escamas cantales y parcialmente por su coloración ventral y de la garganta, y que cariológicamente no existen diferencias, ya que ambas presentan el mismo número de cromosomas ($2N = 24$), los cuales son similares en forma y tamaño.

Por otro lado, la gran mayoría de los estudios enfocados a

determinar la actividad testicular en lacertilios, están basados en medidas del peso y volumen gonadal o en índices derivados de ellas, sin embargo, sólo en contadas ocasiones (Licht y Pearson, 1969; Mayhew y Wright, 1970; Estrada et al., 1990; Villagrán et al., 1994) se han utilizado datos histológicos, los cuales han definido con mayor precisión los estadios que caracterizan dicha actividad.

Como parte del trabajo dirigido a ofrecer una explicación acerca del origen de la viviparidad en lagartijas, Guillette (1981, 1982) aportó una gran cantidad de información respecto a la biología reproductora de estas dos especies, ofreciendo obviamente una cantidad sustancial de información para las hembras, y relativamente poca para los machos. En estos estudios, el ciclo reproductor de los machos se definió utilizando únicamente datos del volumen testicular, clasificando a los machos de *Sceloporus aeneus* como reproductores de primavera y a los de *S. bicantalis* como reproductores de otoño. El problema de este trabajo, es que los ejemplares que se utilizaron pertenecían a distintas poblaciones y a diferentes años, y se ha demostrado que existen diferencias geográficas a nivel del ciclo reproductor dentro de una misma especie (Méndez-de la Cruz et al., 1994; Villagrán et al., 1994). Por lo anterior, el presente trabajo está enfocado a determinar la actividad testicular en estas dos especies de lacertilios, utilizando datos macroscópicos y microscópicos de las gónadas que permitan ubicar con precisión cada una de las etapas del ciclo testicular, además de que pretende ser más preciso, por lo cual fue realizado sólo con organismos pertenecientes a dos

localidades: Milpa Alta, Distrito Federal, localidad donde ocurre *S. aeneus* y Zoquiapan, Estado de México, donde habita *S. bicanthalis*.

OBJETIVOS

Para esto se plantearon los siguientes objetivos:

1. Describir y comparar la biología reproductora de los machos de las lagartijas *Sceloporus aeneus*, en Milpa Alta, D. F. y *S. bicanthalis*, en Zoquiapan, Estado de México, contemplando ciclos reproductores y talla a la que se alcanza la madurez sexual.

2. Inferir que factores están regulando el ciclo reproductor en las dos especies, para esto:

- a) Relacionar dicho ciclo con los valores de temperatura y precipitación del área donde ocurren ambas lagartijas, y
- b) Describir el ciclo de los cuerpos grasos y relacionarlo con el ciclo reproductor de cada especie.

ÁREAS DE ESTUDIO

UBICACIÓN

El sitio de colecta de *Sceloporus aeneus* se encuentra a 15 kilómetros al sur de la delegación Milpa Alta, en el Distrito Federal (Fig. 1), a una altitud de 2700 msnm, y está localizado dentro de las siguientes coordenadas: 19° 13' 46'' de latitud norte y 99° 03' 10'' de longitud oeste (García y Falcón, 1980). El Parque Nacional Zoquiapan, sitio donde se colectaron los machos de *S. bicanthalis*, está ubicado en los límites del estado de México y Puebla (Fig. 1). Se localiza en la región montañosa conocida como la Sierra Nevada, dentro de las siguientes coordenadas: 19° 13' 10'' de latitud norte y 98° 37' 39'' de longitud oeste (Mass et al., 1981). El área de colecta se localiza a los 3200 msnm.

CLIMATOLOGÍA

Los climogramas de Milpa Alta y Zoquiapan se presentan en la Figura 2. El clima que predomina en ambas zonas, de acuerdo a los parámetros de temperatura y humedad, retomando la clasificación de Köppen modificado por García (1973), es: (C(w2)(w) (b')ig), templado, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano. Milpa Alta en términos generales es una zona con un régimen de precipitación menor, ya que su precipitación total anual es de 806 mm, mientras que la de Zoquiapan es de 1169 mm, sin embargo, en ambos lugares la máxima precipitación se recibe de junio a septiembre. En invierno se recibe menos del 5 % de esta total anual. El verano es fresco y largo, con temperatura media anual

entre 5 y 12 °C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18 °C, y temperatura media del mes más caliente entre los 6.5 y 22 °C.

La oscilación de la temperatura es isotermal, es decir, la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es menor a 5 °C y la marcha de temperatura es de tipo Ganges, ya que el mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano (García, 1973).

GEOLOGÍA Y SUELO

El origen y formación de la delegación Milpa Alta, se debe a procesos volcánicos y tectónicos que se han desarrollado a partir del Eoceno Superior (o sea en los últimos 50 millones de años) (Moseer, 1987); mientras que Zoquiapan, junto con el Popocatepetl, el Ajusco y Zempoala nacen durante el origen y formación del fracturamiento Humboldt, a fines del Terciario Superior (Meritano, 1975). Las unidades geológicas en las zonas de estudio están constituidas principalmente por rocas volcánicas, de las cuales los basaltos y andesitas predominan por su gran extensión. Los depósitos de talud y conos aluviales representan los materiales más jóvenes del área (Meritano, 1975; Moseer, 1987).

Los suelos de las áreas de estudio corresponden a lo que se denomina andosoles mólicos, son suelos derivados de cenizas volcánicas. Este tipo de suelos poseen buena aereación, buen drenaje, pH cercano a la neutralidad, buen contenido de materia orgánica que disminuye con la profundidad, buena disponibilidad de nitrógeno y alta capacidad de retención de agua y nutrientes; además, cuentan con alta susceptibilidad a la erosión y fuerte

fijación de fósforo, sin embargo, existe poco en forma asimilable (Rey, 1975; Aguilera, 1989).

VEGETACIÓN

La vegetación de Milpa Alta y Zoquiapan queda incluida en el bosque boreal y en el subtipo bosque de pino (Rzedowski, 1981). Los elementos más conspicuos del estrato arbóreo incluyen diferentes especies de pinos como: *Pinus hartwegi*, *P. montezumae*, *P. leiophylla* y *P. pseudostrobus*; oyameles (*Abies religiosa*) y ailes (*Alnus jorullensis*, *A. firmifolia*). En el estrato arbustivo están representadas las siguientes especies: *Ribes pringlei*, *Eryngium* sp., *Baccharis conferta*, *Eupatorium glabratum*, *Buddleja sessiflora*, *Senecio angulifolius*, *Senecio barba-johannis*, *Salix paradoxa*. El estrato herbáceo lo componen: *Festuca* sp., *Muhlenbergia* sp., *Agrostis* sp., *Eupatorium orienthalis*, *Eupatorium amplifolium*, *Senecio stoechadiformis*, *Alchemilla procumbens*, *Lobelia parviflora*, *Geranium potenllaefolium*, *Trifolium amabile*, *Lupinus mexicanus*, *Viola flagelliformis*, *Gaura coccinea*, *Gnaphalium* sp., *Veratrum* sp., *Galium aschenbornii*, *Penstemon gentianoides*, *Oenothera deserticola*, entre otras (Miranda y Hernández, 1963). Por lo que respecta a Milpa Alta, sólo se observan pequeños manchones de la vegetación nativa (bosque de pino), ya que casi en su totalidad corresponde a cultivos agrícolas (Guillette y Smith, 1985).

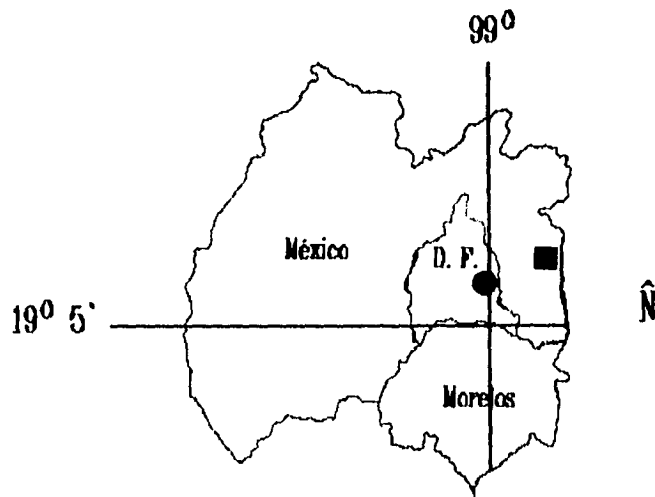


Figura 1. Sitios de colecta de los lacertilios *S. aeneus* en Milpa Alta, D. F. (●) y *S. bicantalis* en Zoquiapan, Edo. de México (■).

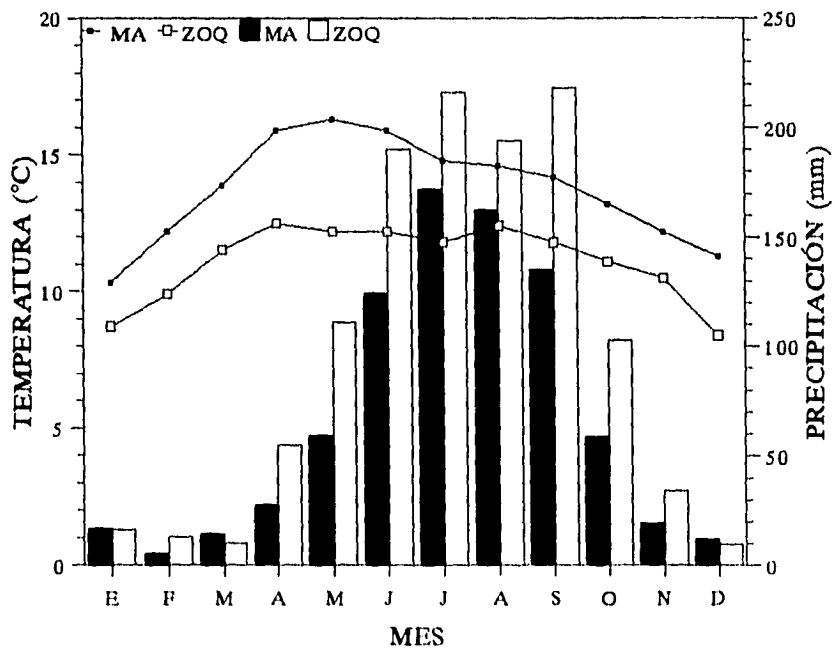


Figura 2. Valores promedio de temperatura y precipitación para Milpa Alta (MA), D. F. y Zoquiapan (ZOQ), Edo. de México. Tomado de García (1973).

MATERIAL Y MÉTODOS

Mensualmente, de abril de 1993 a marzo de 1994, fueron recolectados ejemplares machos de lagartijas *Sceloporus aeneus* (n = 48) y *S. bicanthalis* (n = 53), en Milpa Alta, Distrito Federal y en el Parque Nacional Zoquiapan, Estado de México respectivamente. Las lagartijas en el campo se capturaron manualmente de 9:30 a 15:00 hrs. aproximadamente.

En el laboratorio los lacertilios se sacrificaron utilizando una inyección de anestésico intracardiaca (Pentobarbital sódico en solución 1:10). Los ejemplares fueron fijados en formol al 10% neutro y depositados en la Colección Herpetológica del Instituto de Biología. Los datos que se obtuvieron para cada ejemplar fueron: 1. peso corporal (PC), 2. longitud hocico-cloaca (LHC), 3. peso gonadal (PG) y 4. peso de los cuerpos grasos (PCG). El índice somático de los cuerpos grasos (ISCG) fue determinado utilizando los datos obtenidos del peso de cuerpos grasos y peso corporal (Méndez-de la Cruz et al., 1988); este índice se determinó al dividir el peso de los órganos entre el peso del animal y el valor resultante se multiplicó por 100. Las gónadas fueron fijadas en formol al 10% neutro (las del lado derecho) y en Bouin (las del lado izquierdo). Para representar la variabilidad se seleccionaron las gónadas (del lado izquierdo) con el peso mayor, intermedio y menor, para el análisis histológico. Se utilizó la técnica histológica convencional para microscopía óptica: deshidratación en alcoholes graduales, inclusión en parafina, corte a 5 micras y tinción utilizando las técnicas Hematoxilina-Eosina y la tricrómica

de Masson (Humason, 1979). Las células de la línea espermatogénica fueron clasificadas de acuerdo con su tamaño y posición en los túbulos seminíferos, además de sus características nucleares y afinidad tinteora (Estrada et al., 1990); la abundancia relativa de estas células se estimó por el conteo del número y porcentaje de capas de cada tipo celular en 30 túbulos seminíferos, los registros de tipos celulares similares en cada animal fueron promediados para obtener un registro individual. Con la ayuda de un ocular micrométrico, se registró el diámetro de 30 túbulos seminíferos y la altura del epitelio de 30 conductos del epidídimo en cada ejemplar. Se consideró la presencia de espermatozoides en túbulos seminíferos y en epidídimo. Además, también se anotó el número total de células intersticiales en diez campos.

Los valores individuales fueron calculados para cada ejemplar, mensualmente se determinaron promedios y errores estándar en los machos de ambas especies. Fueron analizados por medio de un análisis de varianza, el peso gonadal, el índice somático de los cuerpos grasos, el número de capas de las células de la línea espermatogénica, el diámetro de los túbulos seminíferos y la altura del epitelio de los conductos del epidídimo, y posteriormente se aplicó una prueba de intervalos múltiples de Duncan (Bruning y Kintz, 1977), con el fin de observar la significancia de los cambios a lo largo del año.

Utilizando los datos de temperatura y precipitación promedio mensual de García (1973), se relacionó el peso testicular durante la reactivación gonadal, para determinar si existía alguna

correlación, para tratar de inferir cual de estos factores ambientales está regulando la actividad reproductora.

Los análisis estadísticos se hicieron en el paquete estadístico STATGRAPHICS (versión 5.0).

RESULTADOS

Se recolecto un total de 48 machos de *Sceloporus aeneus* y 53 de *S. bicanthalis*, tomando en consideración la presencia de espermatozoides maduros en los túbulos seminíferos y en el epidídimo, y la longitud a la cual ocurría esto, se determinó que 25 y 48 organismos respectivamente eran adultos (Cuadro 1). Para definir la actividad reproductora en ambas especies únicamente se consideraron los ejemplares adultos.

Cuadro 1. Tamaño de las muestras mensuales de los lacertilios *Sceloporus aeneus* (Sa) y *S. bicanthalis* (Sb). En el parentésis se indican los ejemplares adultos.

	Meses del año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sa	5(2)	2(2)	4(4)	7(7)	2(2)	3(3)	2(1)	1(1)	1(1)	1(0)	9(1)	6(0)
Sb	5(5)	5(5)	5(4)	4(4)	4(4)	4(4)	4(4)	5(5)	4(4)	5(4)	3(3)	5(2)

ACTIVIDAD REPRODUCTORA

Sceloporus aeneus

El promedio de longitud hocico-cloaca (LHC) de los machos *Sceloporus aeneus* fue de 54.0 mm \pm 0.67. La LHC del macho más pequeño sexualmente maduro fue de 48 mm, mientras que la del más grande fue 62 mm. No se encontraron diferencias significativas en la LHC en los especímenes recolectados en los diferentes meses durante el presente estudio [$F(9, 15) = 1.673, p < 0.05$].

El patrón reproductor se muestra en las Figs. 3 y 4. Los valores del peso testicular (PT), diámetro de los túbulos seminíferos (DTS), altura del epitelio de los conductos del epidídimo (ECE) y el número de capas de células de la línea espermatogénica, mostraron diferencias significativas a lo largo del año (Cuadros 2, 3 y 4). Asimismo, los valores del ISCG presentaron diferencias significativas durante este período [$F(9,9) = 3.518; p < 0.05$] (Cuadro 5).

La fase de inactividad testicular es corta y podría restringirse exclusivamente al mes de agosto, aquí los valores que presentaron el PT, DTS y ECE fueron de los más bajos (Figs. 3 y 4). Esta fase se caracterizó por la presencia de restos celulares en algunos túbulos, producto del ciclo reproductor anterior; por la proliferación de espermatogonias, de las cuales se alcanzaron a observar en promedio 2.9 capas, constituyendo el 100% de las células en los túbulos (Figs. 5 y 6), por la ausencia de células intersticiales (Fig. 7) y espermatozoides en túbulos seminíferos y en epidídimo (Figs. 9A y 10A). En esta fase, los cuerpos grasos empezaron a incrementar su tamaño, lo cual se reflejó en el aumento del ISCG (Fig. 8).

En el mes de septiembre, se inició la recrudescencia testicular, a pesar de que los valores de PT, DTS y ECE fueron los más bajos (Figs. 3 y 4). Aquí la cantidad de precipitación empezó a disminuir, después de haber ocurrido la época más lluviosa (Fig. 2). Se dio la máxima proliferación de espermatogonias, alcanzando en promedio 3.8 capas (90%). En algunos túbulos se observó una sola

capa de espermatocitos primarios, que representaron el 10% de la células dentro de los mismos (Figs. 5 y 6). Las células de Leydig se observaron inmersas en el tejido intersticial en bajas cantidades (Fig. 7). Durante este mes, los valores del ISCG aumentaron aún más (Fig. 8).

En el mes de noviembre, la recrudescencia testicular siguió en proceso, lo cual se vio reflejado en el incremento del PT, DTS y ECE (Figs. 3 y 4). Las espermatogonias pasaron a ser el tipo celular menos abundante (6%), contrariamente a lo que sucedió con los espermatocitos primarios, que alcanzaron 5.13 capas (48%); los espermatocitos secundarios y las espermatidas se encontraron más o menos bien representados (3.06 y 1.83 capas que representaron el 29 y 17% respectivamente) (Figs. 5 y 6). Las células de Leydig continuaron en aumento (Fig. 7) y los espermatozoides en algunos túbulos seminíferos, comenzaron a ser expelidos hacia la luz, aunque fueron bastante escasos (Figs. 9B y 10B). Aquí los cuerpos grasos adquirieron su mayor tamaño a lo largo de los meses muestreados, así lo indicó el ISCG, que durante este mes alcanzó su valor más alto (Fig. 8).

Durante el mes de enero, se encontró un aumento considerable del PT y DTS, los valores del ECE aumentaron levemente. Aquí el tipo celular más abundante fue el de los espermatocitos secundarios, que alcanzaron 5.45 capas (36.3%), los espermatocitos primarios empezaron a disminuir, en promedio se registraron 3.86 capas (32.9%), las espermatidas alcanzaron 3.61 capas (22.3%) y las espermatogonias llegaron a figurar únicamente en 0.89 capas (8.5%).

Las células de Leydig sufrieron una disminución inesperada. Las espermátidas se encontraron en distintos grados de espermiogénesis y se encontró una pequeña proporción de espermatozoides que continuaron siendo expelidos hacia la luz tubular en muy bajas cantidades. Los valores del ISCG disminuyeron significativamente respecto a noviembre.

En febrero la recrudescencia testicular siguió en progreso, el PT y el DTS alcanzaron sus valores más altos (Fig. 3) y los valores en el ECE aumentaron de manera abrupta (Fig. 4). En este mes, los espermatozoides secundarios fueron el tipo celular más abundante. El porcentaje de espermátidas se incrementó, los espermatozoides primarios continuaron disminuyendo y las espermatogonias fueron el tipo celular menos abundante. Las células de Leydig disminuyeron levemente. Durante este mes, se notó ya una espermiogénesis más o menos activa y los espermatozoides se pudieron encontrar en algunos de los conductos del epidídimo. En febrero el ISCG disminuyó aún más (Fig. 8).

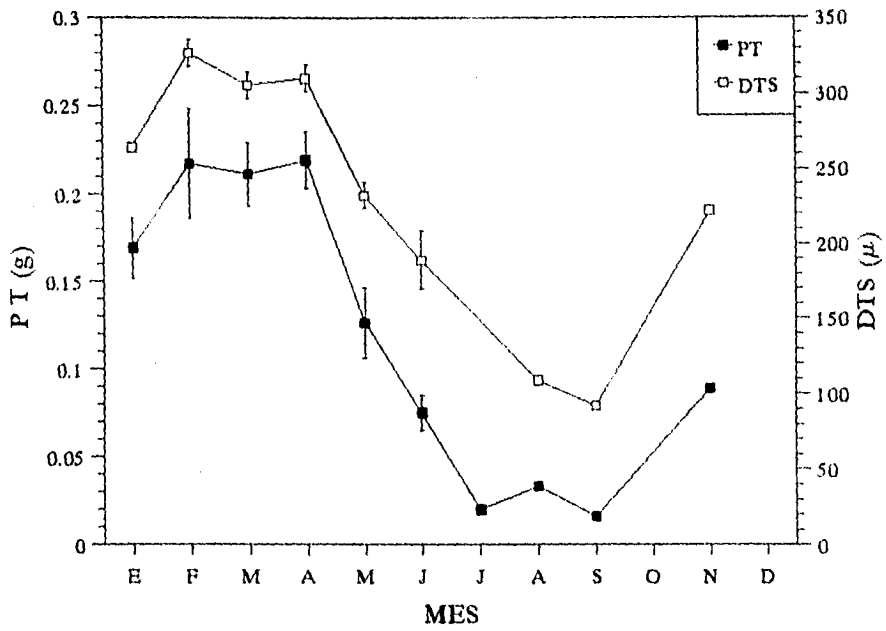
Durante marzo y abril, la recrudescencia testicular culminó y se dio la máxima actividad testicular. Los valores del PT y DTS se mantuvieron como los más altos (Fig. 3) y el ECE alcanzó sus valores más elevados (Fig. 4). Durante este par de meses, las espermátidas y las células de Leydig se incrementaron aún más, alcanzando en abril su número más alto; los espermatozoides secundarios a partir de marzo empezaron a disminuir; los espermatozoides primarios siguieron con la disminución iniciada en noviembre y las espermatogonias se mantuvieron en bajas cantidades

(Figs. 5 y 6). A diferencia de febrero, durante estos meses se dió una espermiogénesis bastante activa, la luz de todos los túbulos seminíferos y de los conductos del epidídimo se encontró prácticamente llena de espermatozoides (Figs. 9C y 10C). Aquí el ISCG se mantuvo como en febrero (Fig. 8).

La regresión testicular se inició en mayo, cuando los valores del PT, DTS y ECE disminuyeron significativamente. Los espermatoцитos secundarios y las espermátidas decrecieron considerablemente respecto al mes anterior; los espermatoцитos primarios continuaron gradualmente disminuyendo; las espermatogonias se mantuvieron en bajas cantidades (Figs. 5 y 6). Las células de Leydig sufrieron también una baja importante (Fig. 7). Por otro lado, el proceso espermiogénico se mantuvo y los espermatozoides continuaron presentes en grandes cantidades en túbulos seminíferos y epidídimo. A pesar de las diferencias entre los períodos de máxima actividad (marzo-abril) y regresión testicular (mayo), las imágenes histológicas entre estos períodos no difirieron mucho. Los cuerpos grasos adquirieron su menor importancia, lo cual se vio reflejado en el ISCG, que durante este mes sus valores fueron los más bajos (Fig. 8).

En el mes de junio la regresión siguió su curso y el testículo disminuyó aún más su tamaño. Se pudieron encontrar sólo algunas capas de espermatoцитos primarios, secundarios y espermátidas; las espermatogonias no cambiaron mucho en número. La luz tubular se redujo en gran cantidad y se encontró parcialmente vacía de células. A este tiempo fue posible encontrar todavía

espermatozoides en túbulos y epidídimo (Figs. 9D y 10D). Esta etapa se alargó hasta el mes de julio, en donde el ISCG permaneció con sus valores más bajos (Fig. 8).



30

Figura 3. Variación en el peso testicular (PT) y en el diámetro de los túbulos seminíferos (DTS) durante el año, en el lacertilio *Sceloporus aeneus*. Las barras verticales indican el error estándar.

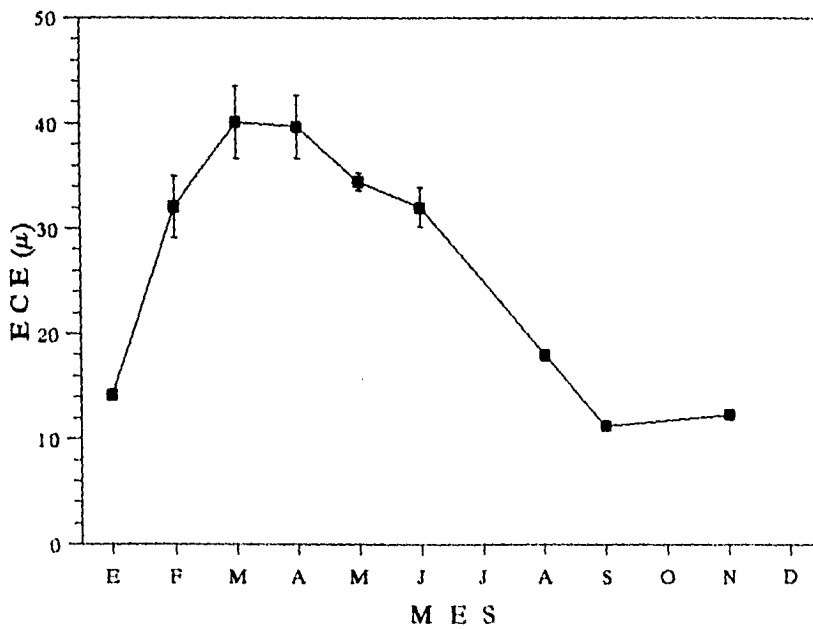


Figura 4. Variación en la altura del epitelio de los conductos del epidídimo (ECE) durante el año, en el lacertilio *Sceloporus aeneus*. Las barras verticales indican el error estándar.

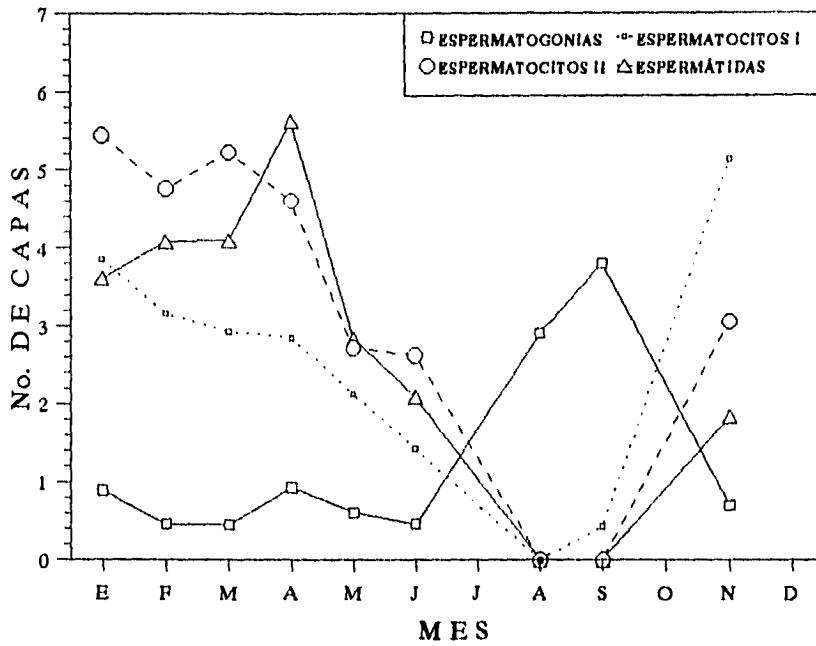


Figura 5. Variación mensual en el número de capas de las células de la línea espermatogénica durante el año, en el lacertilio *Sceloporus aeneus*.

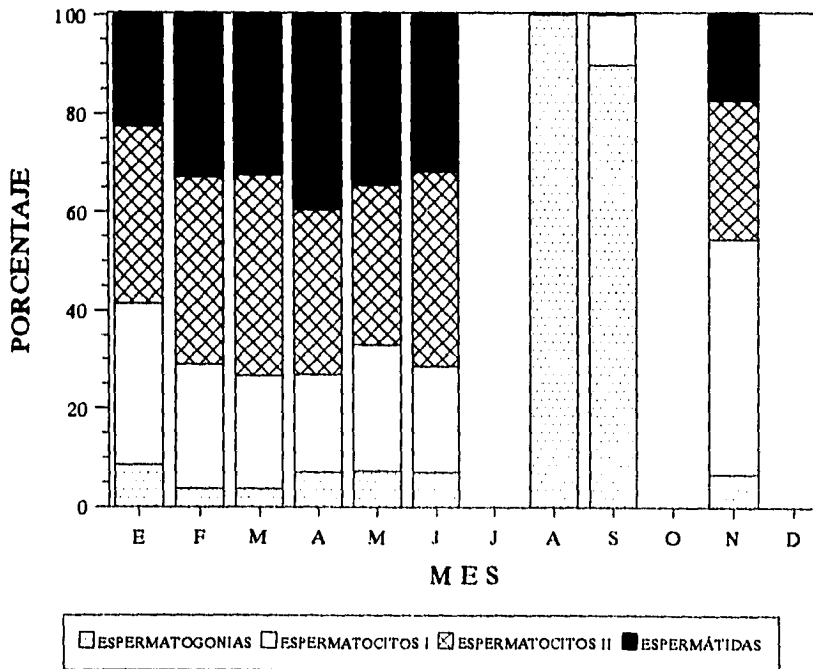


Figura 6. Cambios mensuales en el porcentaje de las células de la línea espermatogénica durante el año, en el lacertilio *Sceloporus aeneus*.

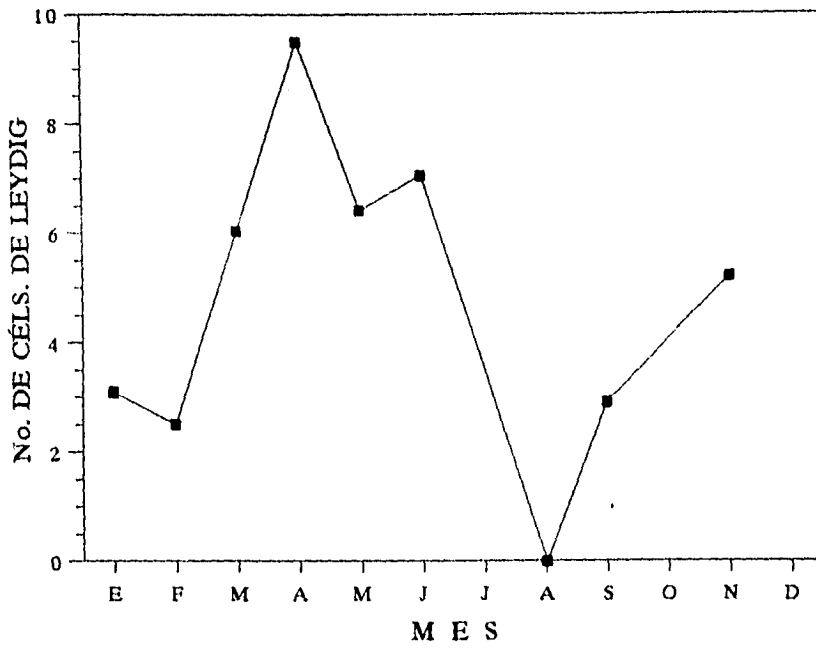


Figura 7. Variación en el número de células de Leydig durante el año, en el lacertilio *Sceloporus aeneus*.

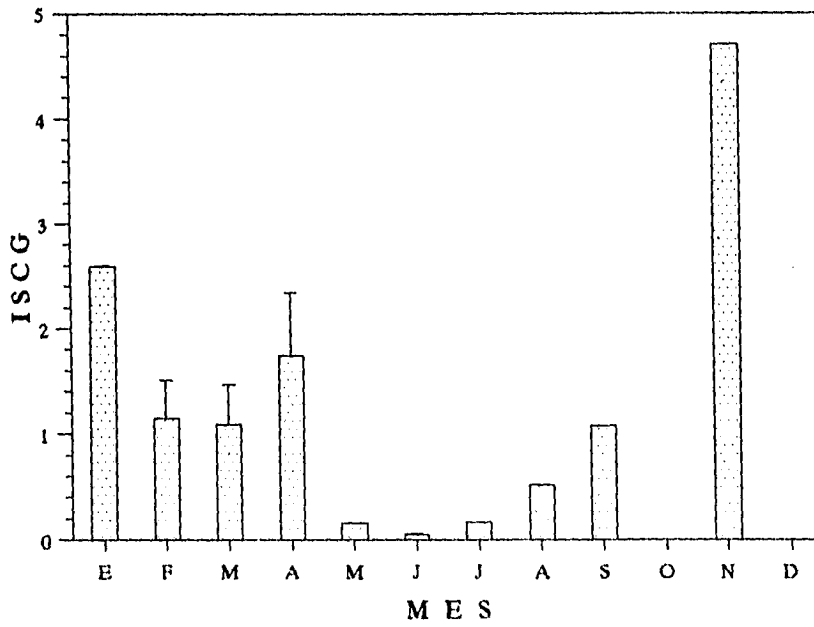


Figura 8. Variación en el índice somático de los cuerpos grasos (ISCG) durante el año, en los machos del lacertilio *Sceloporus aeneus*. Los valores representan el promedio más el error estándar.

Cuadro 2. Valores del peso testicular (PT), diámetro de los túbulos seminíferos (DTS) y altura del epitelio de los conductos del epidídimo (ECE), del lacertilio *Sceloporus aeneus*, utilizados para la obtención de la actividad reproductora.

Mes	<u>PT</u>			<u>DTS</u>		
	N	X	EE	N	X	EE
Ene	2	0.17	0.017	1	263.9	0.0
Feb	2	0.22	0.031	2	326.6	8.9
Mar	4	0.21	0.018	3	305.1	40.9
Abr	7	0.22	0.016	3	284.6	16.5
May	2	0.13	0.020	2	232.0	8.5
Jun	3	0.08	0.010	3	188.8	19.5
Jul	1	0.02	0.0	0	-----	-----
Ago	1	0.03	0.0	1	108.8	0.0
Sept	1	0.02	0.0	1	92.2	0.0
Oct	0	-----	-----	0	-----	-----
Nov	1	0.09	0.0	1	221.9	0.0
Dic	0	-----	-----	0	-----	-----

Mes	<u>ECE</u>		
	N	X	EE
Ene	1	14.22	0.0
Feb	1	32.05	2.95
Mar	2	40.10	3.40
Abr	3	39.68	2.99
May	3	34.45	0.85
Jun	2	32.03	1.88
Jul	3	-----	-----
Ago	0	18.04	0.0
Sept	1	11.30	0.0
Oct	1	-----	-----
Nov	0	12.40	0.0
Dic	1	-----	-----
	0		

N = número de ejemplares; X = media; EE = error estándar. Las unidades de cada variable son: gramos para PT y micras para DTS y ECE.

Cuadro 3. Valores del número de capas de espermatogonias (G), espermatocitos primarios (EI), espermatocitos secundarios (EII) y espermátidas (D), del lacertilio *Sceloporus aeneus*, utilizados para la obtención de la actividad reproductora.

Mes	<u>G</u>			<u>EI</u>		
	N	X	EE	N	X	EE
Ene	3	0.87	0.10	3	3.87	0.25
Feb	2	0.46	0.26	2	3.16	0.10
Mar	3	0.45	0.15	3	2.93	0.34
Abr	4	0.96	0.08	4	2.70	0.51
May	2	0.61	0.05	2	2.13	0.17
Jun	3	0.46	0.18	3	1.42	0.32
Jul	0	----	----	0	----	----
Ago	1	2.90	0.0	1	0.0	0.0
Sept	1	3.80	0.0	1	0.43	0.0
Oct	0	----	----	0	----	----
Nov	1	0.70	0.0	1	5.13	0.0
Dic	0	----	----	0	----	----

	<u>EII</u>			<u>D</u>		
	N	X	EE	N	X	EE
Ene		5.45	0.46		3.61	0.47
Feb	3	4.76	0.16	3	4.08	0.88
Mar	2	5.23	0.74	2	4.09	0.90
Abr	3	4.60	0.25	3	5.36	0.77
May	4	2.72	0.02	4	2.84	0.22
Jun	2	2.63	0.57	2	2.08	0.66
Jul	3	----	----	3	----	----
Ago	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
Sept	1	0.0	0.0	1	0.0	0.0
Oct	1	----	----	1	----	----
Nov	0	3.06	0.0	0	1.83	0.0
Dic	1	----	----	1	----	----
	0			0		

N = número de ejemplares; X = media; EE = error estándar.

Cuadro 4. Valores de la prueba de Fisher del peso testicular (PT), diámetro de los túbulos seminíferos (DTS), altura del epitelio de los conductos del epidídimo (ECE), número de capas de espermatogonias (G), espermatocitos primarios (EI), espermatocitos secundarios (EII) y espermátidas (D), del lacertilio *Sceloporus aeneus*.

	PT	DTS	ECE	G
F	10.128	5.716	10.349	31.401
gl	9, 14	8, 8	8, 8	8, 11
p	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	EI	EII	D	
F	8.01	10.306	3.839	
gl	8, 11	8, 11	8, 11	
p	< 0.05	< 0.05	< 0.05	

F = prueba de Fisher; gl = grados de libertad; p = probabilidad a la cual es válida la prueba.

Cuadro 5. Valores del índice somático de los cuerpos grasos, del lacertilio *Sceloporus aeneus*.

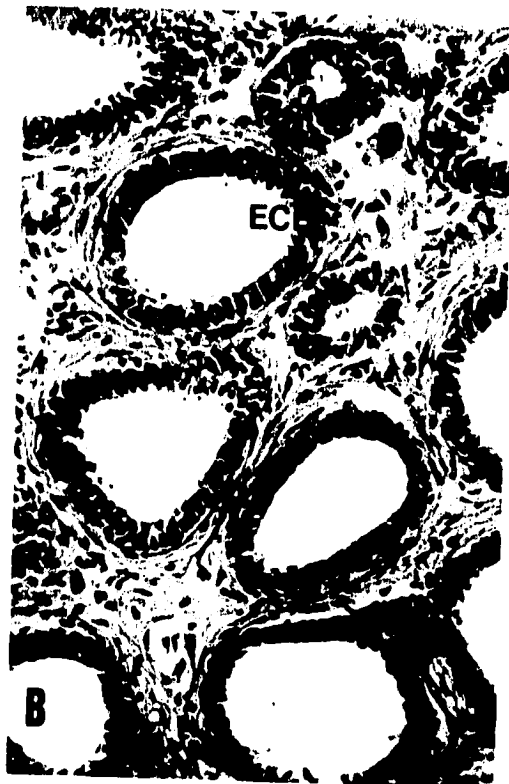
Mes	N	X	EE
Ene	2	2.59	0.01
Feb	2	1.56	0.35
Mar	4	1.09	0.38
Abr	4	1.74	0.60
May	1	0.16	0.0
Jun	2	0.05	0.01
Jul	1	0.17	0.0
Ago	1	0.52	0.0
Sept	1	1.08	0.0
Oct	0	----	----
Nov	1	4.70	0.0
Dic	0	----	----

N = número de muestra; X = media; EE = error estándar

Figura 9. Túbulo seminífero del lacertilio *Sceloporus aeneus* de Milpa Alta, Distrito Federal, en diferentes estadios del ciclo espermatogénico. A) **Quiescencia**, sólo capas de espermatogonias (G) durante el mes de agosto. B) **Recrudescencia** durante el mes de noviembre, se nota que los espermatocitos primarios (EI) son las células más abundantes en los túbulo seminífero, seguidos por los espermatocitos secundarios (EII). C) **Máxima actividad testicular** durante marzo, se observa que las espermatidas (D) se encuentran en distintos grados de espermiogénesis, y los espermatozoides (Z) están cubriendo gran parte de la luz de los túbulo seminífero; observe la gran cantidad de células de Leydig (L) inmersas en el tejido intersticial. D) **Regresión** en junio, se nota la reducción del epitelio germinal quedando únicamente pequeños grupos de los diferentes tipos celulares y espermatozoides (Z) en cantidades importantes en la luz de los túbulo; observe que las células de Leydig (L) continúan en buen número en el tejido intersticial. 500 x.



Figura 10. Conductos del epidídimo del lacertilio *Sceloporus aeneus* de Milpa Alta, Distrito Federal, en diferentes estadios del ciclo espermatogénico. A) Durante la **Quiescencia**, note que el epitelio de los conductos del epidídimo (ECE) se encuentra bastante reducido y están ausentes los espermatozoides. B) Durante la **Recrudescencia**, el epitelio de los conductos del epidídimo (ECE) se encuentra también muy reducido y los espermatozoides en la luz continúan ausentes. C) Durante la **Máxima actividad testicular**, el epitelio de los conductos del epidídimo (ECE) adquiere uno de sus máximos grosores, observe que los espermatozoides (Z) se encuentran cubriendo gran parte de la luz de los conductos. D) Durante la **Regresión**, el epitelio de los conductos del epidídimo (ECE) disminuye en grosor, se observa que los espermatozoides (Z) continúan en buena cantidad en la luz de los conductos del epidídimo. 500 x.



Sceloporus bicanthalis

La LHC de los ejemplares adultos de *Sceloporus bicanthalis* fue de 42.6 mm \pm 0.61. La LHC del macho más pequeño sexualmente maduro fue de 35 mm, mientras que el más grande tenía 51 mm. De acuerdo al ANDEVA, hubo diferencias significativas entre los valores de LHC en los especímenes utilizados en el presente estudio [F (11, 35) = 2.293, p < 0.05] (Fig. 11).

Por otro lado, el ANDEVA detectó diferencias significativas entre los valores del PT y DTS a lo largo del año (Cuadros 6 y 8), a diferencia de lo que sucedió con los valores de la altura del epitelio de los conductos del epidídimo y en el número de capas de las células de la línea espermatogénica (salvo en los espermátocitos primarios), para los cuales el ANDEVA no detectó diferencias significativas en el período de estudio (Cuadros 6, 7 y 8).

En febrero, marzo y abril, el PT ($x = 0.06$ g, DE = 0.014, n = 12) y DTS ($x = 242.3$ μ , DE = 20.38, n = 7) exhibieron los valores más bajos; esto coincidió con las tallas más chicas de los ejemplares recolectados en este estudio (Figs. 11 y 12). El tipo celular más abundante durante estos meses fue el de los espermátocitos secundarios, que alcanzaron de 1 a 10 capas ($x = 3.45$, DE = 1.24, n = 7), seguido por las espermátidas, que llegaron a presentarse de 1 a 12 capas ($x = 2.76$ capas, DE = 1.34, n = 7), los espermátocitos primarios, que aparecieron en 1 a 6 capas ($x = 2.69$ capas, DE = 0.66, n = 7) y por último las espermatogonias, de las que se presentaron únicamente de 1 a 2 capas ($x = 0.65$, DE =

0.28, n = 7) (Fig. 14). Las células de Leydig fueron evidentes durante este tiempo en cantidades importantes ($x = 4.6$, $DE = 2.07$, $n = 7$) (Fig. 16).

Durante mayo y junio, se observó un incremento en el PT ($x = 0.085$ g, $DE = 0.01$, $n = 8$) y DTS ($x = 265.3 \mu$, $DE = 26.14$, $n = 6$), dicho incremento se dio paralelamente al aumento en la LHC de los ejemplares tomados durante este intervalo (Figs. 11 y 12). En este período, los espermatoцитos secundarios siguieron siendo los más abundantes ($x = 3.68$ capas, $DE = 1.34$, $n = 6$), seguidos de las espermátidas ($x = 3.53$ capas, $DE = 1.5$, $n = 6$) y los espermatoцитos primarios ($x = 3.26$ capas, $DE = 0.91$, $n = 6$) y por último las espermatogonias ($x = 0.62$ capas, $DE = 0.18$, $n = 6$), que siempre fueron el tipo celular más escaso (Fig. 14). En lo que se refiere a las células de Leydig, éstas se incrementaron respecto al período anterior ($x = 6.16$, $DE = 2$, $n = 5$) (Fig. 16).

Durante julio y agosto, los valores en el PT ($x = 0.12$, $DE = 0.018$, $n = 9$) y DTS ($x = 331.3 \mu$, $DE = 12.43$, $n = 6$) fueron los más elevados, tiempo al cual se recolectaron los ejemplares más grandes (Figs. 11 y 12). Se mantuvo la misma proporción entre las células de la línea espermatoгélica, esto es, las más abundantes fueron los espermatoцитos secundarios, seguidos por las espermátidas y los espermatoцитos primarios, y por último las espermatogonias; las células de Leydig alcanzaron su mayor abundancia en el tejido intersticial ($x = 6.9$, $DE = 1.44$, $n = 6$).

En el período comprendido de septiembre a enero, inicio una disminución en los valores del PT ($x = 0.089$, $DE = 0.03$, $N = 18$) y

DTS ($x = 275.86$, $DE = 38.0$, $N = 14$); dicha disminución coincidió con el decremento en las tallas de los organismos recolectados. Las células de la línea germinal se mantuvieron como en las etapas anteriormente descritas. Las células intersticiales sufrieron un decremento con respecto al período anterior ($x = 6.05$, $DE = 2.63$, $N = 14$).

En lo que se refiere a la altura del epitelio de los conductos del epidídimo, no se encontró una estacionalidad bien marcada en sus valores, los cuales mostraron un comportamiento variable, aunque puede decirse que dicho epitelio se encontró permanentemente hipertrofiado (Figs. 13 y 19).

Durante todo el año, se pudieron observar los cuatro tipos celulares de la línea espermatogénica en cantidades muy similares (salvo en abril, en donde se colectaron los animales más pequeños) (Fig. 18). También se pudo constatar una espermiogénesis activa a lo largo del año, aunado a la existencia de cantidades similares de espermatozoides maduros en la luz de los túbulos seminíferos y conductos del epidídimo (Fig. 18 y 19). Además de esto, las células de Leydig estuvieron presentes durante todo el período de estudio, incrementándose considerablemente a partir de abril y hacia finales del año (Fig. 16).

Respecto a los cuerpos grasos, aunque los valores más altos en el ISCG se observaron en el período comprendido entre junio y agosto, y los menores de septiembre a mayo, no se detectaron diferencias significativas a lo largo del año [$F(10, 24) = 0.645$; $p < 0.05$] (Cuadro 9 y Fig. 17).

Además de todas las características mencionadas anteriormente, durante todos los meses de recolecta, los machos de *Sceloporus bicanthalis* presentaron una coloración azul ventral bien marcada, con los testículos de color amarillo, el epidídimo y conducto deferente contorneados; aunque relativas, dichos rasgos de coloración y apariencia gonadal de los machos es un buen indicador de su actividad reproductora.

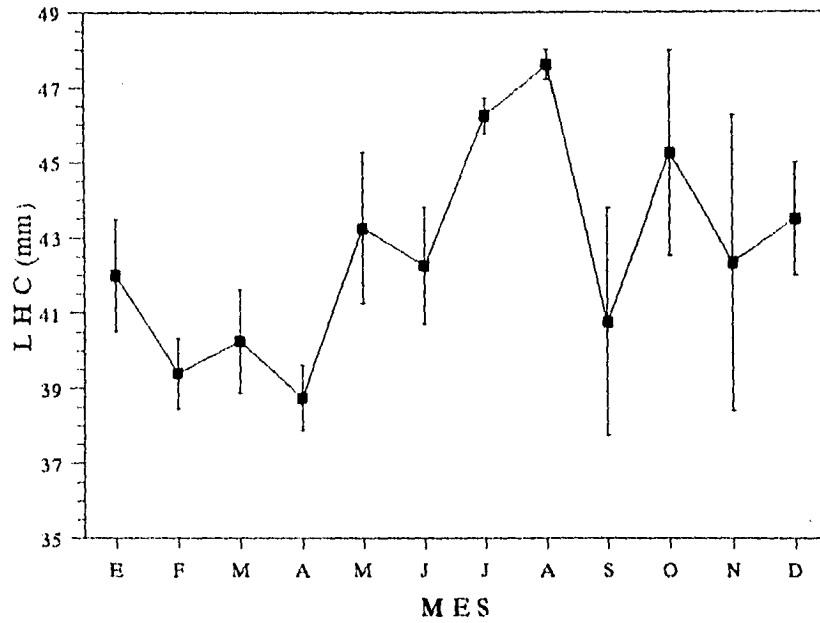


Figura 11. Variación en la longitud hocico-cloaca (LHC) durante el año, en los machos del lacertilio *Sceloporus bicanthalis*. Las barras verticales indican el error estándar.

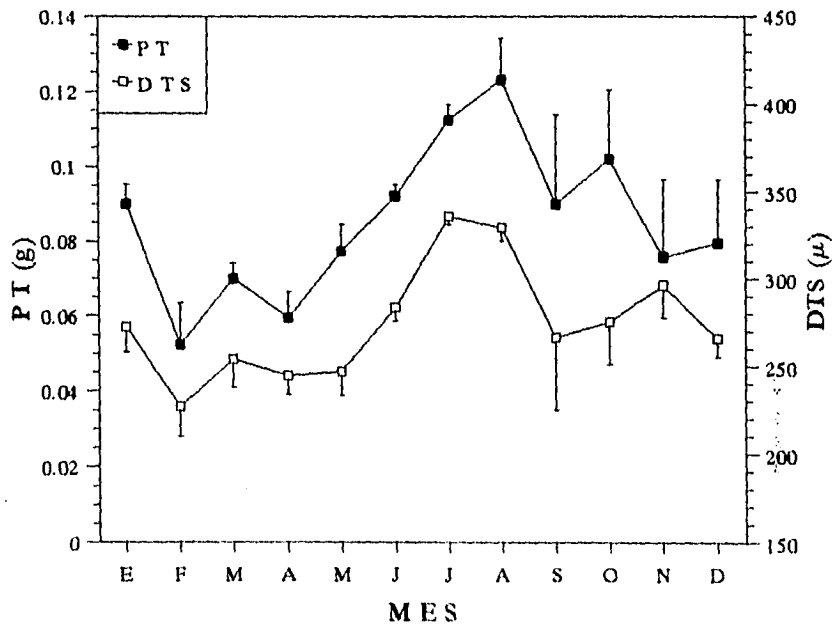


Figura 12. Variación en el peso testicular (PT) y en el diámetro de los túbulos seminíferos (DTS) durante el año, en el lacertilio *Sceloporus bicanthalis*. Las barras verticales indican el error estándar.

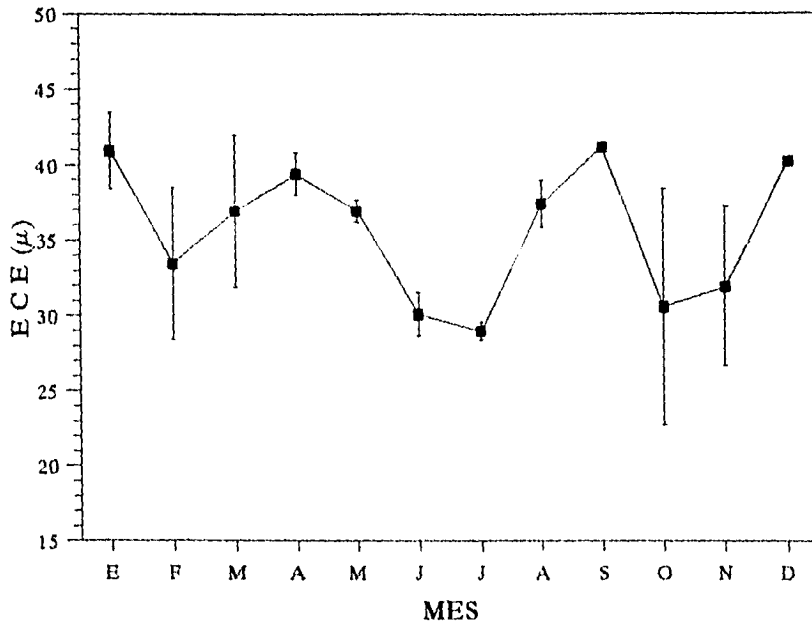


Figura 13. Variación en la altura del epitelio de los conductos del epidídimo (ECE) durante el año, en el lacertilio *Sceloporus bicanthalis*. Las barras verticales indican el error estándar.

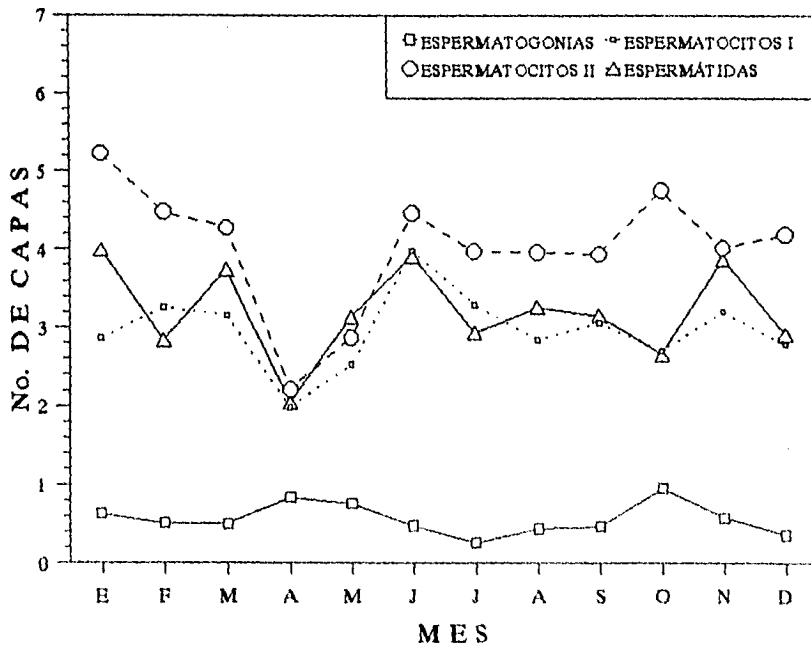


Figura 14. Variación mensual en el número de capas de las células de la línea espermatogénica durante el año, en el lacertilio *Sceloporus bicanthalis*.

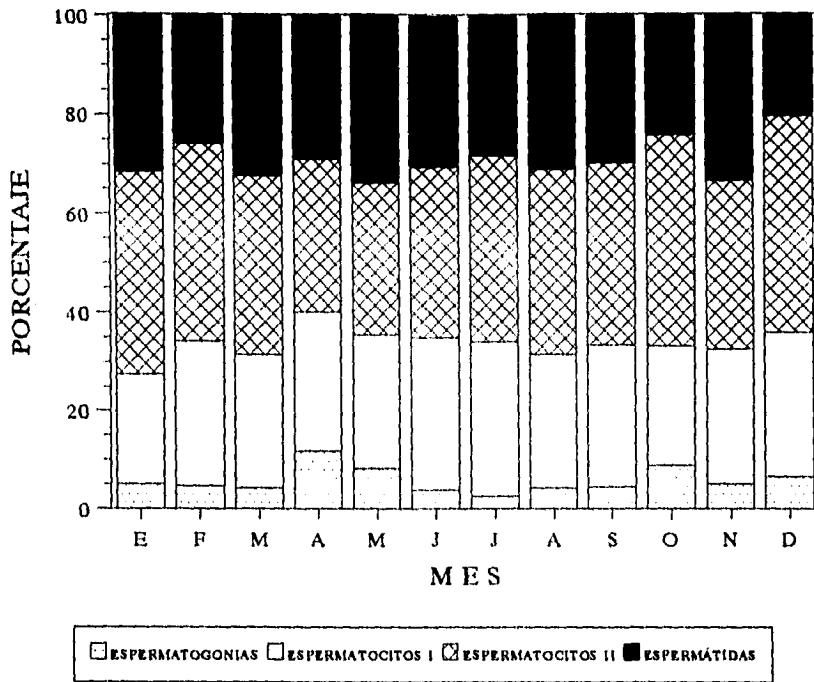


Figura 15. Cambios mensuales en el porcentaje de las células de la línea espermatogénica durante el año, en el lacertilio *Sceloporus bicanthalis*.

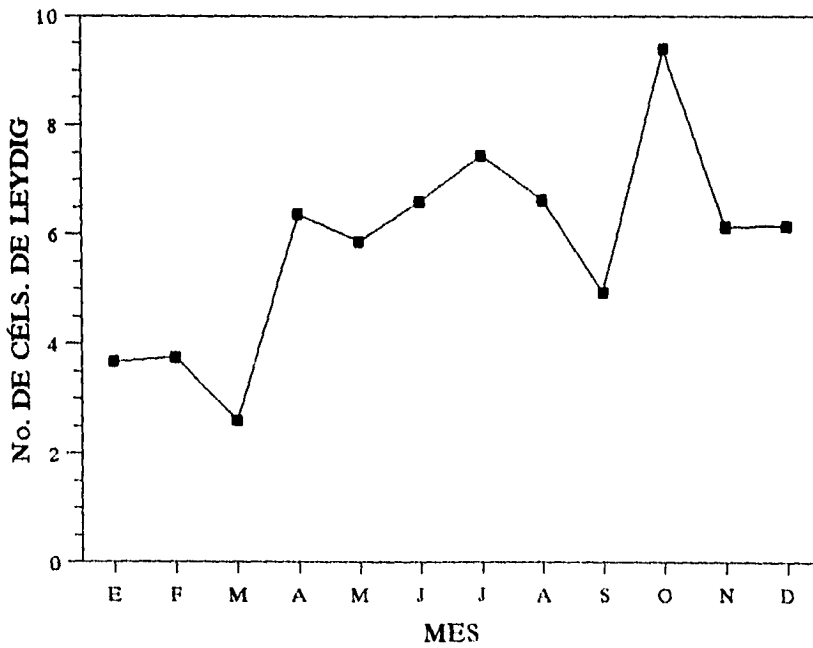


Figura 16. Variación en el número de células de Leydig durante el año, en el lacertilio *Sceloporus bicanthalis*.

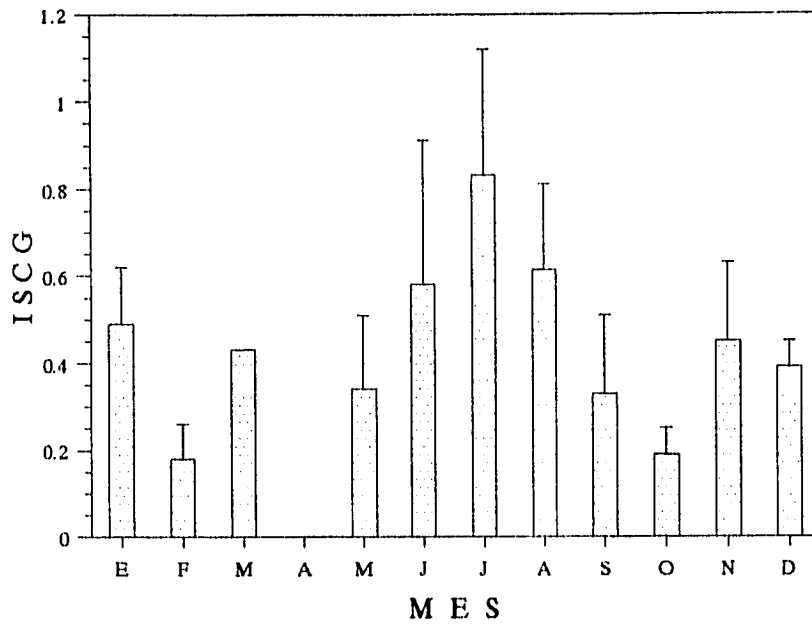


Figura 17. Variación en el índice somático de los cuerpos grasos (ISCG) durante el año, en los machos del lacertilio *Sceloporus bicanthalis*. Los valores representan el promedio más el error estándar.

Cuadro 6. Valores del peso testicular (PT), diámetro de los túbulos seminíferos (DTS) y altura del epitelio de los conductos del epidídimo (ECE), del lacertilio *Sceloporus bicanthalis*, utilizados para la obtención de la actividad reproductora.

Mes	<u>PT</u>			<u>DTS</u>		
	N	X	EE	N	X	EE
Ene	5	0.089	0.005	3	272.3	13.84
Feb	5	0.052	0.011	2	226.9	16.80
Mar	4	0.070	0.004	2	254.4	16.22
Abr	4	0.052	0.009	3	244.6	10.16
May	4	0.078	0.007	3	247.2	13.64
Jun	4	0.092	0.003	3	283.4	7.50
Jul	4	0.112	0.004	2	335.6	4.55
Ago	5	0.123	0.011	4	329.1	7.50
Sept	4	0.090	0.024	3	266.5	41.32
Oct	4	0.102	0.019	3	275.1	23.58
Nov	3	0.076	0.020	3	296.2	18.60
Dic	2	0.080	0.000	2	266.0	10.88

	<u>ECE</u>		
	N	X	EE
Ene		40.90	2.55
Feb	3	33.44	5.04
Mar	2	36.93	5.02
Abr	2	39.38	1.43
May	3	36.93	0.70
Jun	3	30.10	1.42
Jul	3	28.96	0.56
Ago	2	37.40	1.54
Sept	4	41.20	0.0
Oct	1	30.58	7.83
Nov	3	31.90	5.30
Dic	3	40.20	0.0
	1		

N = número de ejemplares; X = media; EE = error estándar. Las unidades de las variables son: gramos para PT y micras para DTS y ECE.

Cuadro 7. Valores del número de capas de espermatogonias (G), espermatocitos primarios (EI), espermatocitos secundarios (EII) y espermátidas (D), del lacertilio *Sceloporus bicanthalis*, utilizados para la obtención de la actividad reproductora.

Mes	<u>G</u>			<u>EI</u>		
	N	X	EE	N	X	EE
Ene	3	0.63	0.18	3	2.87	0.23
Feb	2	0.51	0.15	2	3.26	0.04
Mar	2	0.50	0.20	2	3.16	0.20
Abr	3	0.84	0.17	3	1.99	0.07
May	3	0.76	0.08	3	2.53	0.35
Jun	3	0.48	0.04	3	3.99	0.19
Jul	2	0.26	0.04	2	3.30	0.04
Ago	4	0.44	0.04	4	2.85	0.11
Sept	3	0.47	0.09	3	3.07	0.16
Oct	3	0.97	0.20	3	2.72	0.47
Nov	3	0.59	0.19	3	3.21	0.03
Dic	2	0.36	0.30	2	2.80	0.16

Mes	<u>EII</u>			<u>D</u>		
	N	X	EE	N	X	EE
Ene		5.23	0.67		3.99	1.12
Feb	3	4.48	0.28	3	2.84	1.62
Mar	2	4.28	0.22	2	3.75	0.85
Abr	2	2.22	0.39	2	2.05	0.30
May	3	2.89	0.76	3	3.14	0.38
Jun	3	4.48	0.54	3	3.92	1.26
Jul	3	3.98	0.92	3	2.95	1.12
Ago	2	3.98	0.56	2	3.24	0.40
Sept	4	3.95	0.56	4	3.16	1.31
Oct	3	4.77	0.82	3	2.67	0.83
Nov	3	4.02	0.92	3	3.88	0.35
Dic	3	4.20	0.06	3	2.92	0.98
	2			2		

N = número de ejemplares; X = media; EE = error estándar.

Cuadro 8. Valores de la prueba de Fisher del peso testicular (PT), diámetro de los túbulos seminíferos (DTS), altura del epitelio de los conductos del epidídimo (ECE), número de capas de espermatogonias (G), espermatocitos primarios (EI), espermatocitos secundarios (EII) y espermatidas (D), del lacertilio *Sceloporus bicanthalis*.

	PT	DTS	ECE	G
F	3.66	2.872	1.127	1.839
gl	11, 36	11, 21	11, 18	11, 21
p	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
	EI	EII	D	
F	4.686	1.569	0.440	
gl	11, 21	11, 21	11, 21	
p	< 0.05	< 0.05	< 0.05	

F = prueba de Fisher; gl = grados de libertad; p = probabilidad a la cual es válida la prueba.

Cuadro 9. Valores del índice somático de los cuerpos grasos, del lacertilio *Sceloporus bicanthalis*.

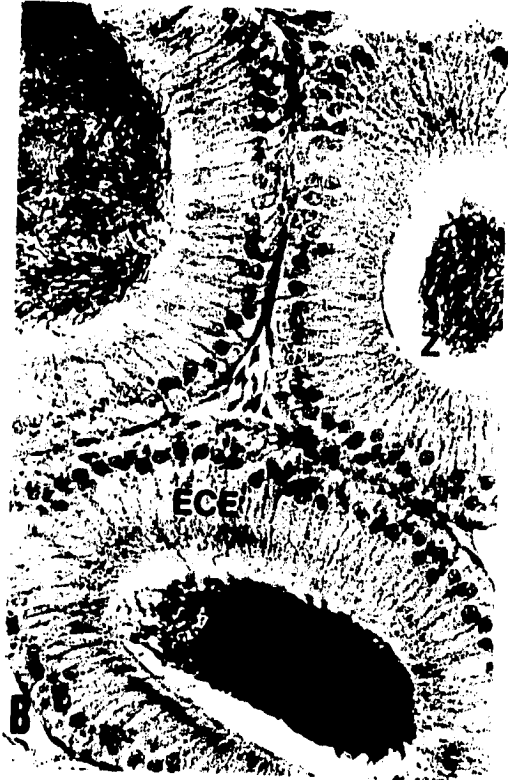
Mes	N	X	EE
Ene	5	0.49	0.13
Feb	2	0.18	0.08
Mar	1	0.43	0.0
Abr	0	----	----
May	4	0.34	0.17
Jun	4	0.58	0.32
Jul	4	0.83	0.29
Ago	5	0.61	0.20
Sept	3	0.33	0.18
Oct	2	0.19	0.06
Nov	3	0.45	0.18
Dic	2	0.39	0.06

N = número de muestra; X = media; EE = error estándar

Figura 18. Túbulos seminíferos del lacertilio *Sceloporus bicanthalis* de Zoquiapan, Estado de México, en las diferentes estaciones del año. A) **Primavera**, B) **Verano**, C) **Otoño** y D) **Invierno**. Observe la ocurrencia de espermatogénesis y espermiogénesis continua. Note la presencia de espermatogonias (G), espermatocitos primarios (EI), espermatocitos secundarios (EII), espermátidas (D), espermatozoides (Z) y células de Leydig (L), en todas las estaciones del año. 500 x.



Figura 19. Conductos del epidídimo del lacertilio *Sceloporus bicantalis* de Zoquiapan, Estado de México, en las diferentes estaciones del año. A) **Primavera**, B) **Verano**, C) **Otoño** y D) **Invierno**. Observe que el epitelio de los conductos del epidídimo (ECE) se encuentra permanentemente hipertrofiado, además, note la presencia de espermatozoides (Z) maduros en la luz de los conductos en todas las estaciones del año. 500 x.



REGULACIÓN AMBIENTAL DE LA ACTIVIDAD TESTICULAR

Al relacionar los valores del PT de *Sceloporus aeneus* durante la reactivación con los datos de temperatura ambiental, se encontró que no fue significativo [$r = 0.04$; $p < 0.05$; $n = 6$] (Fig. 20). Contrariamente a lo que sucedió con la precipitación, en donde se presentó una fuerte correlación inversa [$r = - 0.81$; $p < 0.05$; $n = 6$] (Fig. 21).

Por otro lado, dado que la actividad testicular en *Sceloporus bicanthalis* es continua, no se asociaron estadísticamente los valores del PT, con los datos de temperatura y precipitación del área de Zoquiapan.

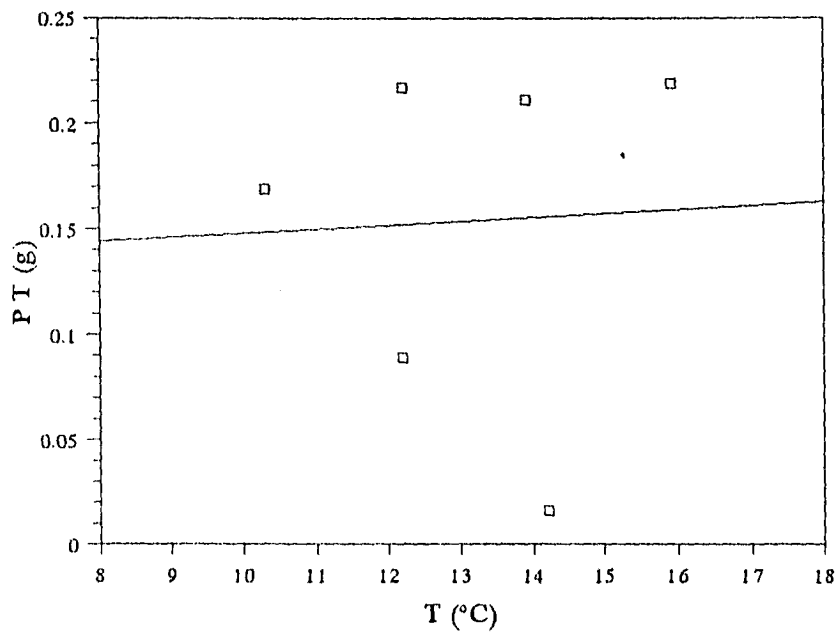


Figura 20. Correlación entre el peso testicular (PT) y la temperatura (T) promedio durante la reactivación gonadal (de septiembre a abril), en los machos de *Sceloporus aeneus*.

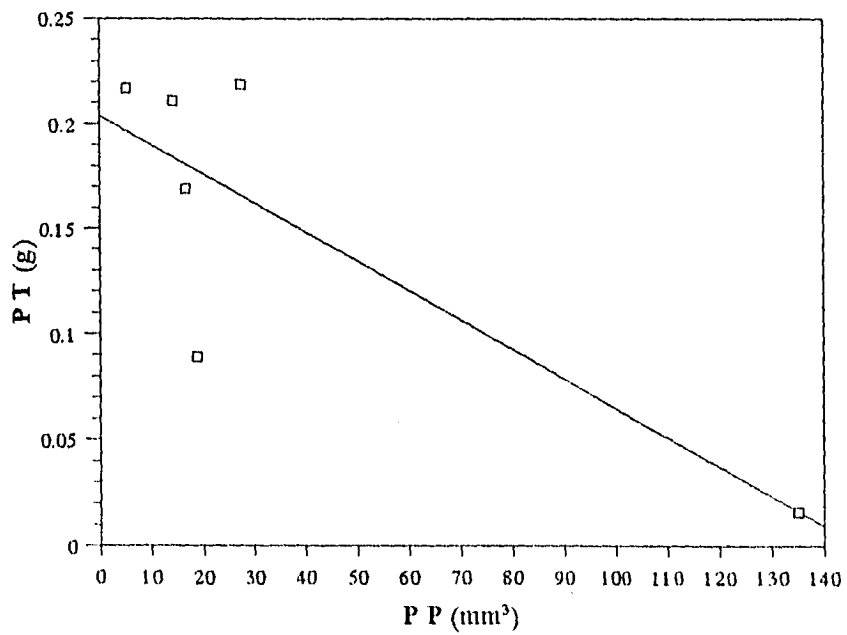


Figura 21. Correlación entre el peso testicular (PT) y la precipitación (PP) durante la fase de reactivación gonadal (de septiembre a abril), en los machos de *Sceloporus aeneus*.

DISCUSIÓN

ACTIVIDAD REPRODUCTORA

Los machos de los lacertilios *Sceloporus aeneus* y *S. bicanthalis* presentan un patrón reproductor muy diferente. Mientras que en los primeros el patrón reproductor es marcadamente estacional, con la máxima actividad durante primavera, en los otros la actividad es continua a lo largo del año, siendo que los dos ocurren en un ambiente relativamente similar, además de que utilizan el mismo microhábitat. Hasta la fecha se ha registrado que la reproducción estacional es característica de lacertilios que viven en ambientes templados, mientras que la reproducción acíclica o continua lo es para aquéllos que ocurren en regiones tropicales (Licht, 1984).

En lo que se refiere a *Sceloporus aeneus*, los datos derivados del estudio histológico y cuantitativo de las gónadas de los machos de esta lagartija ayudaron a determinar las cuatro etapas del proceso espermatogénico descritas para otros lacertilios (Licht y Pearson, 1969; Mayhew y Wright, 1970; Estrada et al., 1990; Villagrán et al., 1994). Como en las lagartijas ovíparas de ambiente templado, el máximo desarrollo gonadal se alcanza durante los meses de primavera. Después de un pequeño período de quiescencia gonadal en agosto, caracterizado por la presencia de espermatogonias, se inicia una prolongada recrudescencia testicular, que es completada gradualmente a lo largo de seis meses (de septiembre a febrero).

Como sucede en lagartijas ovíparas de zonas templadas

(*Sceloporus spinosus*, *S. graciosus* y *S. orcutti*; Fitch, 1970), la máxima actividad testicular ocurre durante la primavera (marzo y abril), cuando los valores del peso de los testículos, diámetro tubular y altura del epitelio de los conductos del epidídimo, fueron los más altos. Durante esta fase, la espermiogénesis se llevó a cabo de una manera muy activa, la luz de los túbulos seminíferos y el epidídimo estuvo prácticamente llena de espermatozoides y las células de Leydig alcanzaron su número más alto. Por estas razones se consideraron estos dos meses como el período de máxima actividad testicular.

Es pertinente mencionar que febrero no se considera dentro de la máxima actividad, ya que si bien durante este mes los valores en el peso gonadal y diámetro tubular no difieren estadísticamente de aquéllos registrados en marzo y abril (pico de actividad testicular), hay claras diferencias en la cantidad de espermatozoides. Durante febrero, debido a que es el primer mes en el que aparecen los espermatozoides a nivel del epidídimo, éstos llegan a estar ausentes en varios conductos del mismo. Lo anterior puede ser producto del bajo número de células intersticiales que existen durante este mes, las cuales son importantes para que la espermiogénesis se lleve a cabo (Villagrán et al., 1994).

En los trabajos realizados por Guillette (1981, 1982) con *Sceloporus aeneus*, él manifiesta que el pico de actividad testicular ocurre de febrero a junio, mientras que el cortejo y apareamiento tienen lugar de abril a junio. En el presente trabajo, la máxima actividad testicular ocurre únicamente durante marzo y

abril, por lo que el cortejo y apareamiento es muy factible que se lleven a cabo durante estos dos meses, en el que las hembras exhiben la máxima actividad ovárica (Manríquez-Morán, manuscrito). Es muy seguro que ambos procesos puedan extenderse hasta el mes de junio, en donde se observó una cópula en el campo en 1993. Lo anterior pone de manifiesto que el cortejo y el apareamiento pueden llevarse a cabo en los meses en que la máxima actividad testicular se ha conseguido e inclusive tiempo después, en el que la regresión gonadal se ha iniciado. Es muy probable que lo anterior suceda porque las células intersticiales aún siguen siendo numerosas, y posiblemente los niveles de andrógenos (los cuales son importantes en el proceso espermiogénico) (Villagrán et al., 1994) también sean altos.

Por otro lado, los trabajos realizados hasta la fecha han establecido que, sin excepción, todos los reptiles que habitan zonas templadas exhiben algún grado de estacionalidad en la fisiología reproductora de ambos sexos. Aún en bajas latitudes, incluyendo regiones tropicales de altitudes bajas, muchas especies tienen pronunciada estacionalidad en la actividad gonadal (Saint-Girons y Pfeffer, 1971; Angelini y Picariello, 1975; Voris y Jayne, 1979). Dicha estacionalidad ha sido asociada a la productividad del medio en donde habitan estos animales. Para lagartijas vivíparas, Guillette y Méndez-de la Cruz (1993) describen dos patrones reproductores. Uno es el patrón del altiplano, en el cual machos y hembras exhiben su máxima actividad durante los meses otoñales; como ejemplos de este patrón están: *Sceloporus jarrovi*, *S.*

poinsetti, *S. megalepidurus* y *S. torquatus* (Goldberg, 1970; Ballinger, 1973; Godínez, 1985; Feria, 1986). El otro patrón es el de montaña, en el cual los dos sexos maduran asincrónicamente, ya que los machos alcanzan su máximo desarrollo gonadal durante la primavera y el verano, mientras que las hembras lo hacen hasta el otoño. Algunas especies que presentan este patrón son: *S. malachiticus*, *S. grammicus* y *S. mucronatus* (Marion y Sexton, 1971; Guillette y Casas-Andreu, 1980; Méndez et al., 1988).

Contrariamente a lo anterior, se han encontrado especies de lagartijas que manifiestan una actividad continua a lo largo del año, ya sea con niveles variables o con niveles similares en la intensidad de la actividad reproductora (Duvall et al., 1982; Fox, 1977). Un ejemplo de estas especies es *Sceloporus variabilis*, el cual es el único lacertilio del género registrado hasta la fecha que presenta un patrón reproductor continuo (García-Collazo et al., 1993). Lo anterior pone de manifiesto que el ambiente de estos lacertilios es muy estable y brinda el alimento necesario para que puedan mantener el esfuerzo reproductor continuo (Jameson, 1981).

La actividad de los machos de *Sceloporus bicanthalis* no pertenece a ninguna de las clasificaciones descritas anteriormente, ya que es un lacertilio vivíparo de ambiente templado, y resulta ser un caso único cuando se compara con otros reptiles de estas regiones.

A diferencia de los machos de *Sceloporus aeneus*, no se notó una sucesión celular en los elementos de la línea espermato génica que pudiera caracterizar las fases consideradas típicas de todo

ciclo testicular (i. e., quiescencia, recrudescencia, máxima actividad y regresión testicular), descritas para otros lacertilios de ambiente templado (Licht y Pearson, 1969; Estrada et al., 1990; Villagrán et al., 1994). Más bien lo que caracterizó la actividad testicular de esta especie fue lo siguiente:

1. Espermatogénesis y espermiogénesis en todas las estaciones del año.
2. Células intersticiales presentes en todo el año en cantidades moderadamente abundantes, pero variables.
3. Epitelio del epidídimo sin cambios estacionales, hipertrofiado permanentemente.
4. Presencia de cantidades similares de espermatozoides maduros en la luz de los túbulos seminíferos y el epidídimo a lo largo del año.

Es innegable la estacionalidad en los valores del peso testicular y diámetro de los túbulos seminíferos. Sin embargo, se determinó que gran parte de esta aparente estacionalidad fue producto de las diferencias en las tallas de los organismos recolectados durante el presente estudio, ya que existe una alta correlación entre el peso testicular y el diámetro de los túbulos seminíferos, con la talla de los animales (Figs. 22 y 23).

La espermatogénesis y espermiogénesis continua, junto con la estacionalidad en las medidas del testículo y diámetro tubular, han sido registradas en patrones reproductores de muchas especies de lagartijas tropicales de los géneros *Anolis* (Licht y Gorman, 1970; Ruibal et al., 1972), *Ameiva* (Soma y Brooks, 1976) *Agama*

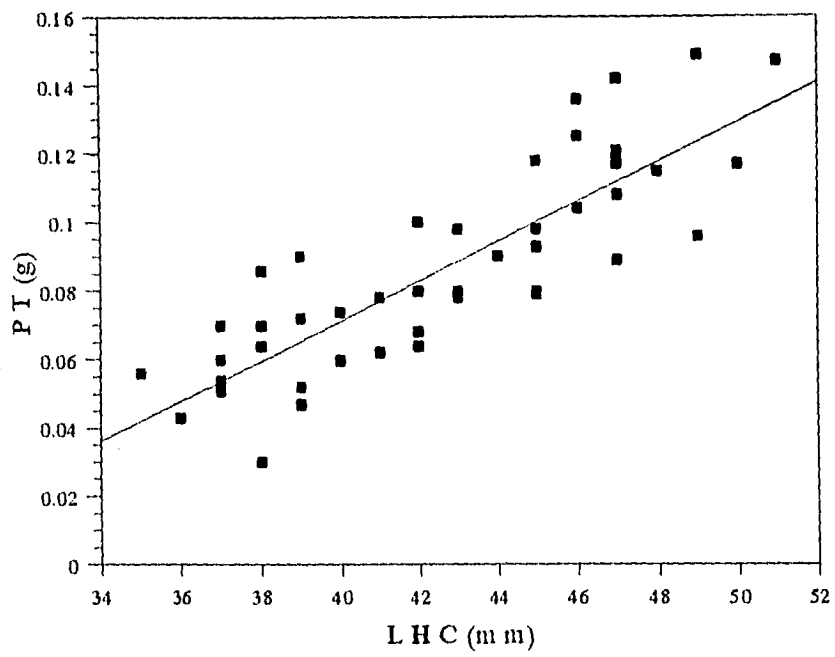


Figura 22. Correlación entre peso testicular (PT) con la longitud hocico-cloaca (LHC), en los machos de *Sceloporus bicanthalis*.

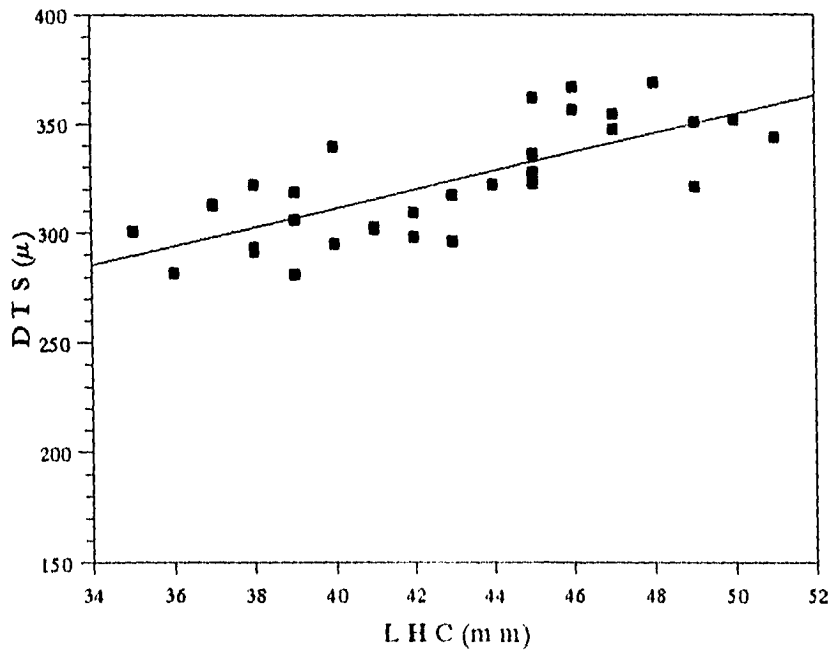


Figura 23. Correlación entre el diámetro de los túbulos seminíferos (DTS) con la longitud hocico-cloaca (LHC), en los machos de *Sceloporus bicanthalis*.

(Kasinathan y Basu, 1973) y *Sceloporus* (García-Collazo et al., 1993). Estas especies, aunque manifiestan una actividad espermatogénica a lo largo del año, presentan fluctuaciones en la tasa de producción de espermatozoides. Contrariamente a estos casos, se propone que para *S. bicanthalis* no existe tal estacionalidad de producción de espermatozoides, sino más bien una producción de espermatozoides similar a lo largo del año, tomando en consideración que no se encontró variación estacional en las proporciones de las células de la línea espermatogénica. Asimismo, puede decirse que dicha espermatogénesis es continua a nivel individual, ya que no fueron encontrados estadios pre o post-espermiogénicos (i. e., recrudescencia o regresión testicular) en los organismos analizados durante el período de estudio.

Utilizando varias poblaciones, incluyendo la de Zoquiapan, Guillette (1981, 1982) definió la actividad testicular en *Sceloporus bicanthalis*, manifestando que la máxima actividad testicular ocurría durante los meses otoñales (de julio a octubre), mientras que las hembras ovulaban a final del otoño o durante el invierno, lo cual requería del almacenaje del esperma, el cual el autor observó en grandes cantidades en los oviductos durante la temporada de otoño e invierno. Como puede observarse dicho patrón difiere totalmente del encontrado en el presente estudio, el cual descarta la posibilidad de almacenaje de esperma por parte de las hembras, ya que los machos se encuentran activos durante todo el año.

Es muy probable que las diferencias en los resultados

encontrados por Guillette y los descritos en el presente estudio, se deban por un lado a la utilización de diferentes poblaciones, las cuales incluían ejemplares de museo y campo, además de que éstos pertenecían a diferentes años, y se ha demostrado variación geográfica a nivel del ciclo reproductor dentro de una misma especie (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1994; Villagrán *et al.*, 1994). Por otro lado, tales diferencias pueden radicar en el grado de fineza con que se describió el ciclo, ya que Guillette se basó únicamente en medidas volumétricas de las gónadas, mientras que en el presente estudio se utilizaron datos microscópicos, los cuales fueron determinantes para establecer la existencia de la continuidad reproductora en los machos de *Sceloporus bicanthalis*.

REGULACIÓN DE LA ACTIVIDAD REPRODUCTORA

Las fases del ciclo espermatogénico, son consecuencia de los efectos de factores ambientales en la fisiología reproductiva de los organismos, dichos factores marcan una estacionalidad (Villagrán *et al.*, 1994), la cual va acompañada de notables cambios histológicos en el testículo que caracterizan el ciclo espermatogénico.

En la lagartija ovípara *Sceloporus aeneus*, la fase de reactivación gonadal se da paralelamente al período en el cual hay un decremento considerable en la cantidad de precipitación en otoño, que culmina con la más baja a finales del invierno y principios de primavera, justo cuando la recrudescencia llega a su máximo desarrollo. Lo anterior pone de manifiesto que existe una

correlación inversamente proporcional entre la reactivación testicular y la precipitación pluvial en los machos de esta lagartija. Guillette y Casas-Andreu (1987) notaron que en los machos de *Barisia imbricata* la actividad gonadal también estuvo correlacionada con la precipitación, sólo que dicha correlación resultó ser directamente proporcional.

La precipitación no ha sido ampliamente considerada como un factor que afecte directamente los ciclos reproductores de los reptiles, pero si indirectamente, ya que la cantidad de precipitación influye en la disponibilidad de alimento (Méndez-de la Cruz et al., 1992), la cual es importante en el establecimiento del período de reproducción (Méndez-de la Cruz y Gutiérrez, 1991).

En lo referente a la temperatura, ésta parece no tener influencia alguna en la reactivación testicular en este lacertilio. Contrariamente a lo anterior, en *Anolis carolinensis* (Licht, 1971) y en algunas poblaciones de la lagartija vivípara *Sceloporus mucronatus* (Estrada et al., 1990; Villagrán et al., 1994), las bajas temperaturas favorecen el inicio de la espermatogénesis. De la misma forma, diferentes trabajos (Licht, 1973; Marion, 1982) han establecido que la temperatura es el principal factor exógeno que controla los ciclos reproductores en reptiles de zonas templadas.

La duración de esta recrudescencia testicular es equiparable con aquélla que se da en la lagartija *Sceloporus mucronatus*, la cual se extiende a lo largo de 6.5 meses. El proceso se va dando lentamente, aparentemente sin requerimientos estrictos de hormonas, y sólo la espermiogénesis parece ser andrógeno-dependiente

(Villagrán et al., 1994).

Lo anterior puede ser que también suceda en estos machos, ya que las células de Leydig empiezan un incremento paulatino al inicio de la reactivación gonadal en septiembre, para alcanzar sus máximos valores durante el máximo pico testicular (marzo y abril), e incluso dos meses después, en donde se observó apareamiento (en junio) aún cuando la regresión testicular se había iniciado.

En lo referente a los cuerpos grasos, aunque no se encontró correlación entre éstos y la reactivación gonadal, pareciera que si están apoyando en parte dicho proceso, ya que durante noviembre (3 meses después de haber iniciado esta fase), los cuerpos grasos adquieren su importancia mayor a lo largo del año. Por lo anterior puede sugerirse que gran parte de la energía almacenada hasta finales del año, es utilizada para completar la reactivación gonadal en enero y febrero, en donde posiblemente se llevaría a cabo el desgaste energético más elevado en todo el ciclo testicular. Una correlación, generalmente inversa, ha sido encontrada entre la reactivación testicular y el peso de los cuerpos grasos en varias lagartijas de ambiente templado (Guillette y Casas-Andreu, 1980, 1987; Méndez-de la Cruz et al., 1988).

Un ejemplo de un lacertilio con espermatogénesis continua es *Barisia monticola* (Vial y Stewart, 1985). Ocurre en un ambiente tropical, a una elevación de 2000 msnm. Los machos no manifiestan cambios estacionales en el tamaño o actividad de los testículos o en los túbulos seminíferos. Los autores atribuyen dicha continuidad a la ausencia de una estacionalidad térmica, ya que en el área

donde ocurre *B. monticola* las temperaturas, aunque frías, exhiben poca variación a lo largo del año.

Tal parece que en *Sceloporus bicanthalis*, los factores ambientales como la temperatura y la precipitación (factores para los que se ha registrado que influyen directa o indirectamente en los ciclos reproductores en lagartijas; Duvall et al., 1982; Marion, 1982; Licht, 1984) juegan un papel preponderante para que los machos puedan soportar una actividad reproductora continua, y más que inhibirla, pareciera que la están apoyando en gran medida. En lo que se refiere a la temperatura, ésta varía únicamente 1.4 °C (11.1-12.5 °C) en el período comprendido de marzo a octubre, lo cual hace recordar lo que sucede en el ambiente donde ocurre *Barisia monticola*.

Respecto a la precipitación, existen dos épocas bien definidas a lo largo del año: una época corta de lluvias en verano (de junio a septiembre) y una más extensa de sequía durante el otoño, invierno y principios de primavera (de octubre a mayo). Se ha visto (Guillette y Casas-Andreu, 1980; Méndez-de la Cruz et al., 1994; Méndez-de la Cruz et al., 1995) que en ambientes con esta marcada estacionalidad en la cantidad de precipitación, hay también una estacionalidad en la disponibilidad de alimento, la cual determina los períodos de reproducción (Méndez-de la Cruz y Gutiérrez, 1991).

Lo anterior hace pensar que, por un lado, la temperatura pudiese estar promoviendo la espermatogénesis continua, tal como sucede en *Barisia monticola*, y por el otro, la precipitación parece

también jugar un papel importante para que los machos de *Sceloporus bicanthalis* puedan mantener un esfuerzo reproductor continuo.

Como se mencionó anteriormente, la cantidad de precipitación determina indirectamente la masa de los cuerpos grasos, debido a que tal factor ambiental influye en la cantidad de alimento disponible (Derickson, 1976; Ballinger, 1977; Dunham, 1981). Se ha sugerido que dichos órganos aportan la energía necesaria para el mantenimiento del esfuerzo reproductor (Derickson, 1976; Guillette y Casas-Andreu, 1981; Méndez-de la Cruz et al., 1988), ya que en la mayoría de los casos hay una relación inversa entre el peso de los cuerpos grasos y el de las gónadas. Los datos registrados para *Sceloporus bicanthalis*, indican que no existe variación estacional marcada en la masa de estos órganos. Esto hace suponer que la cantidad de alimento disponible es más o menos similar en todo el año, lo cual sería importante para que los saurios puedan mantener el esfuerzo reproductor continuo a lo largo de todo el año. Previamente, sólo en lacertilios de ambiente tropical se había encontrado una ausencia de estacionalidad en la masa de los cuerpos grasos (Inger y Greenberg, 1966).

Lo anterior nos hace suponer que, si bien hay cierta estacionalidad climática a nivel macroambiental, dicha estacionalidad aparentemente no está reflejada de igual manera a nivel microambiental, en donde habría poca fluctuación que permitiría que se manifestase dicha continuidad reproductora. Estas condiciones microambientales aparentemente poco variables, hacen recordar aquéllas que imperan en el ambiente tropical, las cuales

son muy estables y permiten a los saurios mantener un esfuerzo reproductor continuo (Jameson, 1981).

En contraposición a lo referido arriba, se ha determinado que en *Sceloporus grammicus* (Guillette y Casas-Andreu, 1980), *Eumeces copei* (Guillette, 1983), *Barisia imbricata* (Guillette y Casas-Andreu, 1987) y *S. mucronatus* (Méndez-de la Cruz et al., 1988), lacertilios que viven en simpatria con *S. bicanthalis*, los factores ambientales están provocando de alguna manera que su actividad reproductora sea marcadamente estacional. Si en verdad dicha actividad es producto de las condiciones microambientales poco fluctuantes, entonces en *S. bicanthalis* los requerimientos microambientales probablemente difieren en gran medida de aquéllos que necesitan otras especies de lacertilios que viven en simpatria con ellos.

ALGUNAS OTRAS DIFERENCIAS REPRODUCTORAS ENTRE *Sceloporus aeneus* Y *S. bicanthalis*

Otra diferencia importante encontrada entre los individuos de las dos especies es la talla para alcanzar la madurez sexual, ya que en *Sceloporus aeneus* los machos maduran a los 48 mm de LHC, mientras que en *S. bicanthalis* lo hacen a los 35 mm; trayendo como consecuencia que los primeros sean significativamente más grandes (Fig. 24). La madurez sexual temprana ha sido observada en otras especies de *Sceloporus* vivíparos, tal como *S. jarrovi* (Ballinger, 1973), *S. megalepidorus* (González, 1991), *S. torquatus* (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993) y *S. grammicus* (Méndez-de la Cruz et

al., 1995). En *S. jarrovi*, la mayoría de las hembras alcanzan la madurez sexual dentro de seis o siete meses después de su nacimiento; en *S. megalepidorus*, todas la alcanzan dentro de este período y, en *S. grammicus*, algunos individuos llegan a la madurez entre los cuatro ó seis meses después de su nacimiento.

Así, en las especies vivíparas, la madurez es alcanzada dentro del primer año de vida. Por otro lado, muchas especies ovíparas de este género no maduran hasta el segundo año (Tinkle et al., 1970; Tinkle, 1972; Cuellar, 1993). Esto pone de manifiesto que la viviparidad confiere una ventaja significativa de crecimiento, producto de la temporada de nacimiento de los animales con este modo reproductor. Estos nacen al inicio de la primavera, coincidiendo con el inicio de la estación lluviosa y con el período de máxima abundancia de alimento (Méndez-de la Cruz, 1989; Méndez-de la Cruz et al., 1995).

A diferencia de lo que se ha visto en las especies ovíparas, en *Sceloporus aeneus* es muy probable que algunos de los individuos que nacen a mediados del verano (en agosto), alcancen la madurez sexual a la siguiente primavera (Fig. 25), integrándose así al grupo reproductor siete meses después de su nacimiento. Lo anterior es muy factible que ocurra, ya que en Milpa Alta, la temporada de mayor precipitación ocurre de junio a septiembre, y tal como lo manifiesta Feria (1986), la máxima cantidad de alimento se presenta también tiempo después de que la máxima precipitación ha ocurrido, lo cual les permitiría a algunos de estos individuos reproducirse dentro de su primer año de nacimiento.

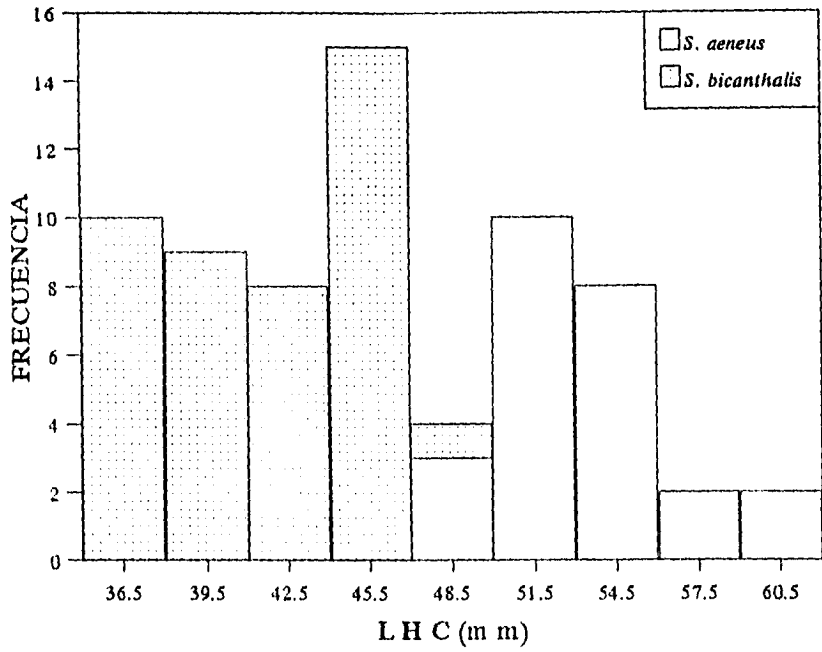


Figura 24. Distribución de las tallas de los machos adultos de *Sceloporus aeneus* y *S. bicanthalis*, colectados durante el presente estudio.

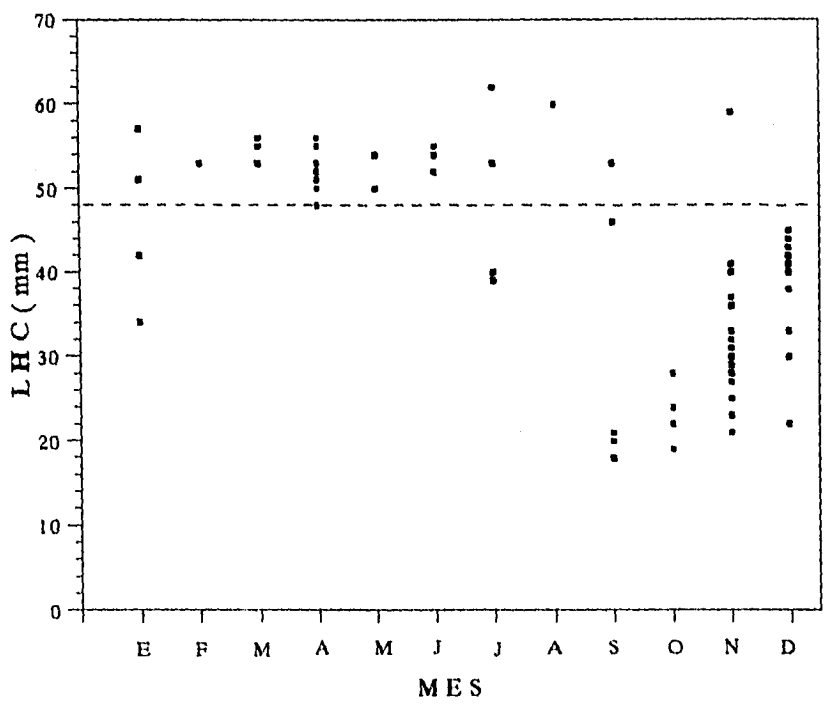


Figura 25. Longitud hocico-cloaca (LHC) de las crías, juveniles y adultos de los machos de *Sceloporus aeneus*, obtenidos durante el año. La línea punteada representa la LHC a su primera reproducción.

Contrariamente a lo anterior, en una población de Cahuacán, México, a una elevación de 2800 m (Méndez-de la Cruz et al., 1995), las crías eclosionan en septiembre y alcanzan la madurez en el siguiente verano, cuando la temporada reproductora ha terminado. La diferencia de tiempo a la cual se alcanza la madurez sexual en las dos poblaciones puede radicar en la época en que comienzan a eclosionar las crías, ya que en la población de Milpa Alta, éstas se observaron a principios del mes de agosto, representando por lo menos un mes más de crecimiento en comparación con los de la población de Cahuacán.

Las crías de *Sceloporus bicanthalis* nacen a lo largo de todo el año, y suponiendo que las condiciones microambientales son poco fluctuantes, los neonatos quizá puedan crecer a la misma velocidad no importando la época en que el nacimiento ocurra. Se tienen algunos datos de campo, en el período comprendido entre julio de 1993 y marzo de 1994, que indican que los machos alcanzan la madurez sexual a los cuatro o cinco meses después de su nacimiento. Esto es concordante con los datos registrados para *S. grammicus* (Méndez-de la Cruz et al., 1995), los cuales indican que la madurez sexual también se alcanza precozmente. Esta maduración temprana por parte de los machos de *S. bicanthalis* puede ser en respuesta a la gran disponibilidad de hembras apareantes que existe a lo largo del año.

La gran diferencia de tallas entre los organismos de las dos especies estudiadas es quizá un reflejo de la extensión del período reproductor que prevalece en cada población. Esto es, los

individuos de *Sceloporus bicantahlis* no necesitan crecer tanto ya que las hembras apareables están disponibles presumiblemente a todo lo largo del año, por lo que ellos no tienen que ser tan fuertes y competitivos para la defensa del territorio y la disputa de las hembras, como es muy probable que suceda en *S. aeneus*.

Otra diferencia encontrada consistió en la actividad de los adultos y jóvenes a lo largo del año. Mientras que en *Sceloporus bicantahlis* adultos y jóvenes estuvieron siempre presentes todo el año, en *S. aeneus* la actividad de los adultos se incrementa conforme transcurre la actividad testicular, posterior a la cual hay un período en el que se da una escasez considerable de estos machos, los cuales a partir de la segunda mitad del año fueron muy escasos, época en la cual la actividad de los jóvenes fue alta (Cuadro 1). Lo anterior ofrece una magnífica oportunidad para que éstos últimos se alimenten, crezcan y de esta manera incrementen su potencial reproductor en ausencia de adultos y depredadores, tal como sucede en *Uma parapygas* (Gadsden-Esparza et al., 1993).

Por último, puede decirse que algunas diferencias encontradas entre las estrategias reproductoras de ambas especies, son respuesta directa o constituyen un prerequisite para la adquisición de la viviparidad, y otras son más bien adaptaciones secundarias a algún otro factor como es la invasión de un nuevo ambiente.

¿Cuáles de estas modificaciones en la historia de vida son adaptaciones debidas estrictamente a la evolución de la viviparidad y cuáles no lo son?, es muy difícil saberlo.

Una alternativa consiste en sugerir que el patrón continuo en

Sceloporus bicanthalis constituye un paso intermedio entre el patrón primaveral y un patrón estacional determinado, es decir, que dicha actividad se encuentra en proceso de definición hacia una estacionalidad reproductora y que la continuidad representa un intermedio entre dos patrones estacionales. Tomando en consideración que dicha continuidad reproductora no está restringida fuertemente por las condiciones ambientales.

CONCLUSIONES

Con base en los objetivos planteados al inicio del presente trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Los machos de *Sceloporus aeneus* alcanzan la madurez sexual a los 45 mm de LHC y presentan un ciclo reproductor marcadamente estacional, con máximo desarrollo testicular durante la primavera. En *S. bicanthalis* la maduración ocurre a los 35 mm y los machos exhiben una espermatogénesis continua a nivel individual a lo largo del año. Las diferencias en las tallas de maduración es muy probablemente una exigencia del tipo de actividad reproductora que se manifiesta en cada especie.

2. La precipitación está inversamente correlacionada con la reactivación testicular en *Sceloporus aeneus*, y junto con la temperatura, parecen no restringir fuertemente la actividad reproductora continua en *S. bicanthalis*.

3. La energía almacenada en los cuerpos grasos juega un papel importante al final de la reactivación testicular en *Sceloporus aeneus*, mientras que en *S. bicanthalis*, la energía almacenada en estas estructuras parece ser preponderante para que se pueda mantener el esfuerzo reproductor continuo.

4. Finalmente, la actividad testicular continua en *Sceloporus bicanthalis* constituye un caso único cuando se compara con los demás reptiles de zonas templadas.

LITERATURA CITADA

- Aguilera, M. N. 1989. Tratado de Edafología de México: Tomo 1. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 222 pp.
- Angelini F. y O. Picarello. 1975. The course of spermatogenesis in Reptilia. *Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche*, series 3a, 9: 62-107.
- Ballinger, R. E. 1973. Comparative demography of the two ovoviviparous iguanid lizards (*Sceloporus jarrovi* and *Sceloporus poinsetti*). *Ecology*. 54: 269-283.
- Ballinger, R. E. 1977. Reproductive strategies: food availability as source of proximal variation in a lizard. *Ecology*. 58: 628-635.
- Bruning, J. L. y B. Kintz. 1977. Computational handbook of statistics, 2nd Ed. Scott Foresman and Co., Glenview, Illinois. 308 pp.
- Church, G. 1962. The reproductive cycles of the Javanese house geckos, *Cosymbotus platyurus*, *Hemidactylus frenatus*, and *Peropus mutilatus*. *Copeia* 1962: 262-269.
- Cuellar, H. S. 1973. Effect of adiposectomy and feeding level on FSH-induced testicular growth in male lizards *Anolis carolinensis* (Reptilia: Iguanidae). *J. Expt. Zool.* 185: 65-72.
- Cuellar, O. 1993. Lizard population ecology: a long-term community study. *Bull. Ecol.* 24: 109-149.
- Derickson, W. K. 1976. Lipid storage and utilization in reptiles. *Amer. Zool.* 16: 711-723.
- Dunham, A. E. 1981. Populations in a fluctuating environment: the

- comparative population ecology of the iguanid lizards *Sceloporus merriami* and *Urosaurus ornatus*. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich., No. 158: 1-62.
- Duvall, D., L. J. Guillette, Jr., y R. E. Jones. 1982. Environmental control of reptilian reproductive cycles. 201-231 pp. In C. Gans and F. H. Pough (eds.), *Biology of the reptilia*, Vol. 13D, Academic Press, New York.
- Estrada, F. E., M. Villagrán-Santa Cruz, F. R. Méndez-de la Cruz y G. Casas-Andreu. 1990. Gonadal changes throughout the reproductive cycle of the viviparous lizard *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). *Herpetologica*. 46: 43-50.
- Feria, O. M. 1986. Contribución al conocimiento del ciclo de vida de *Sceloporus torquatus torquatus* (Lacertilia, Iguanidae) al sur del Valle de México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM, México. 54 pp.
- Fitch, H. S. 1970. Reproductive cycles in lizards and snakes. *Univ. Kansas Mus. Nat. Hist., Misc. Publ.* 52: 1-247.
- Fox, H. 1977. The urogenital system of reptiles. In: Gans, C., Parsons, T. S. (ed). *Biology of the reptilian. Morphology*. E. Academic Press, vol. 6. p 1-157.
- Gadsden-Esparza, H., F. R. Méndez-de la Cruz, R. Gil-Martínez y G. Casas-Andreu. 1993. Patrón reproductivo de una lagartija (*Uma parapygas*) en peligro de extinción. *Bol. Soc. Herpetol. Mex.* 5(2): 42-50.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen. Instituto de Geografía, UNAM, México. 252

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- pp.
- García, E. y Z. Falcón. 1980. Atlas. Nuevo Atlas de la República Mexicana. Porrúa. México. 197 pp.
- García-Collazo, R., T. Altamirano-Álvarez y M. Gómez-Soto. 1993. Reproducción continua en *Sceloporus variabilis variabilis* (Sauria: Phrynosomatidae) en Alvarado, Veracruz, México. Bol. Soc. Herpetol. Mex. 5(2): 51-59.
- Godínez, C. E. 1985. Ciclo reproductivo de *Sceloporus megalepidurus megalepidurus* Smith (Reptilia: Sauria: Iguanidae), en la parte oriental de Tlaxcala, México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México. 73 pp.
- Goldberg, S. R. 1970. Seasonal ovarian histology of the ovoviviparous iguanid lizard *Sceloporus jarrovi* Cope. J. Morph. 132: 265-276.
- Goldberg, S. R. 1971. Reproductive cycle of the ovoviviparous iguanid lizard *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: 227-232.
- González, R. G. A. 1991. Aspectos de la ecología poblacional de *Sceloporus megalepidurus* en el oriente de Tlaxcala México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM. México.
- Greenberg, D. S. y D. H. Gist. 1985. Fat bodies and reproduction in

- female *Anolis carolinensis*. J. Exptl. Zool. 233: 277-283.
- Guillette, L. J. Jr. 1981. Reproductive strategies and evolution of viviparity in two allopatric populations of the Mexican lizard, *Sceloporus aeneus*. Tesis Doctoral. Univ. Colorado. 128 pp.
- Guillette, L. J. Jr. 1982. The evolution of viviparity and placentation in the high elevation, Mexican lizard *Sceloporus aeneus*. Herpetologica. 38(1): 94-103.
- Guillette, L. J. Jr. 1983. Notes concerning reproduction of the montane skink, *Eumeces copei*. J. Herpetology. 17: 144-148.
- Guillette, L. J. 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. J. Jr. y G. Casas-Andreu. 1981. Seasonal variation in fat body weights of the Mexican lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. J. Herpetol. 15: 366-371.
- Guillette, L. J. Jr. y G. Casas-Andreu. 1987. The reproductive biology of the high elevation Mexican lizard, *Barisia imbricata*. Herpetologica. 43 (1): 29-38
- Guillette, L. J. Jr. y H. M. Smith. 1985. Cryptic species in the Mexican lizard complex, *Sceloporus aeneus*. Bull. Maryland Herp. Soc. 21(1): 1-15.
- Guillette, L. J. Jr. y W. P. Sullivan. 1985. The reproductive and fat body cycles of the lizard, *Sceloporus formosus*. J. Herpetol. 19(4): 474-480.
- Guillette, L. J. Jr. y D. A. Bearce. 1986. Reproductive and fat

- body cycles of the lizard *Sceloporus grammicus disparilis*.
Trans. Kansas Acad. Sci. 89: 31-39.
- 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.
- Hahn, W. E. y D. W. Tinkle. 1965. Fat body cycling and experimental evidence for its adaptive significance to ovarian follicle development in the lizard *Uta stansburiana*. J. Exptl. Zool. 158: 79-86.
- Humason, G. L. 1979. Animal Tissue Techniques. 4th. ed. W. H. Freeman, San Francisco, California.
- Inger, R. F. y B. Greenberg. 1966. Annual reproductive patterns of lizards from a Bornean rain forest. Ecology. 47: 1007-1021.
- Jameson, E. W. 1981. Patterns of Vertebrate Biology. Springer-Verlag. New York. 477 pp.
- Kasinatan S. y S. L. Basu. 1973. Seasonal variation in the testes, accessory ducts and adrenal glands of *Calotes versicolor* (Daudin). Acta morphologica Academiae Scientiarum Hungaricae. 21(3): 271-279.
- Kuorani, M., C. W. Meyers y C. R. Schneider. 1970. Panamanian amphibians and reptiles as carriers of *Salmonella*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 19: 632-638.
- Licht, P. 1971. Regulation of the annual testis cycle by photoperiod and temperature in the lizard *Anolis carolinensis*. Ecology. 52: 240-252.
- Licht, P. 1972. Physiology of breeding cycles in reptiles: role

- temperature. Vith International Symposium on Comparative Endocrinology supplement 3: 477-488.
- Licht, P. 1973. Termal and photic influences on reptilian reproduction. International Endocrinology Congress. Excerpta Medica International Congress Series, no. 273: 185-190.
- Licht, P. 1984. Reptiles. In G. E. Lamming (ed.), Marshall's Physiology of Reproduction, 4th ed. Vol. 1: Reproductive Cycles of Vertebrates, pp. 206-282. Churchill Livingstone, Edinburgh, Scotland.
- Licht, P. y A. K. Pearson. 1969. Effects on mammalian gonadotropins (FSH y LH) on the testes of the lizard *Anolis carolinensis*. Gen. Comp. Endocrinol. 13: 367-381.
- Licht, P. y G. C. Gorman. 1970. Reproductive and fat cycles in Caribbean *Anolis* lizards. University of California Publications. 95: 1-52.
- Manríquez-Morán, N. L. Estrategias reproductoras en las hembras de dos especies hermanas de lacertilios: *Sceloporus aeneus* y *S. bicanthalis*. Manuscrito.
- Marion, K. R. 1982. Reproductive cues for gonadal development in temperate reptiles: Temperature and photoperiod effects on the testicular cycle of the lizard *Sceloporus undulatus*. Herpetologica. 38: 26-39.
- Marion, K. R. y C. J. Sexton. 1971. Reproductive cycle of the lizard *Sceloporus malachiticus* in the Costa Rica. Copeia 1971: 517-526.
- Martin, R. F. 1977. Variation in reproductive productivity of range

- margin tree lizards (*Urosaurus ornatus*). *Copeia* 1977: 83-92.
- Mass, J., R. Patton, A. Suárez, S. Blanco, G. Ceballos, C. Galindo y A. Pescador. 1981. *Ecología de la estación experimental Zoquiapan*. Departamento de publicaciones de la dirección de Difusión Cultural de la Universidad Autónoma de Chapingo. México. Texcoco. 115 pp.
- Mayhew, W. W. y S. J. Wright. 1970. Seasonal changes in testicular histology of three species of the lizard Genus *Uma*. *J. Morph.* 130: 163-186.
- Mckiney, R. B. y K. R. Marion. 1985. Reproduction and fat body cycles in the male lizard *Sceloporus undulatus*, from Alabama with comparisons of geographic variation. *J. Herpetol.* 19: 208-217.
- Méndez-de la Cruz, F. R. 1989. Estudio comparativo de la reproducción, tipología y aloenzimas de dos poblaciones cercanas de *Sceloporus grammicus* (Reptilia: Iguanidae) de la Sierra del ajusco México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 90 pp.
- Méndez-de la Cruz, F. R. y Villagrán Santa Cruz, M. 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. 77 pp.
- Méndez-de la Cruz, F. R., L. J. Guillette Jr., M. Villagrán-Santa Cruz y G. Casas-Andreu. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard, *Sceloporus mucronatus* (Sauria:

- Iguanidae). J. Herpetology. 22: 1-12.
- Méndez-de la Cruz, F. R. y M. G. Gutiérrez-Mayén. 1991. Variación de la robustez física de *Sceloporus torquatus* (Sauria: Iguanidae) y sus implicaciones sobre la temporada de reproducción. Acta Zoológica Mexicana. 46: 1-12.
- Méndez-de la Cruz, F. R., M. Feria-Ortiz y O. Cuellar. 1992. Geographic variation of reproductive traits in a Mexican viviparous lizard, *Sceloporus torquatus*. C. R. Soc. Biogéogr. 68(4): 149-156.
- Méndez-de la Cruz, F. R., M. Villagrán-Santa Cruz y O. Cuellar. 1994. Geographic variation of spermatogenesis in the mexican viviparous lizard *Sceloporus mucronatus*. Biogeographica. 70 (2): 59-67.
- Méndez-de la Cruz, F. R., R. Sánchez-Trejo y O. Cuellar. 1995. Reproductive differences between sympatric oviparous and viviparous mexican spiny lizards. Biogeographica. 71(2): 1-6.
- Meritano, A. J. 1975. Descripción fisiográfica de la Estación de Enseñanza e Investigación de Zoquiapan. Inédito. Depto. de Bosques. ENA.
- Miller, M. 1948. The seasonal histological changes occurring in the ovary, corpus luteum and testis of the viviparous lizard, *Xantusia vigilis*. Univ. California Publ. Zool. 47: 197-224.
- Miller, M. 1951. Some aspects of the life history of the yucca night lizard, *Xantusia vigilis*. Copeia 1951: 114-120.
- Mink, D. G. 1993. Species limits, phylogenetic relationships, and origins of viviparity in the scalaris complex of the lizard

- genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae: Sauria). Based on isozyme characters. Tesis de Maestria. Brigham Young University. 63 pp.
- Miranda, F. y X. E. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Mex. 28: 29-179.
- Moseer, H. F. 1987. Atlas de la Ciudad de México.
- Nagy, K. A. 1973. Behaviour, diet and reproduction in desert lizard, *Sauromalus obesus*. Copeia 1973: 93-102.
- Neill, W. T. 1964. Viviparity in snakes: some ecological and zoogeo-graphical considerations. Am. Nat. 98: 35-55.
- Newlin, M. E. 1976. Reproduction in the bunch grass lizard *Sceloporus scalaris*. Herpetologica. 32: 171-184.
- Orr, R. T. 1978. *Biología de los vertebrados*. Interamericana. México. 545 pp.
- Paull, D., E. E. Williams y W. P. Hall. 1976. Lizard karyotypes from the Galapagos Islands: chromosomes in phylogeny and evolution. Breviora. 441: 1-31.
- Rey, C. J. 1975. Estudios de suelos de la Estación de Enseñanza, Investigación y Servicios Forestales de Zoquiapan. Depto. de Enseñanza e Investigación en Bosques. Universidad Autónoma de Chapingo. Información Técnica de Bosques. Vol. 1(4): 64 pp.
- Ruibal, R., R. Philibosian y J. L. Adkins. 1972. Reproductive cycle and growth in the lizard *Anolis acutus*. Copeia 1972: 509-518.
- Rzedowsky, J. 1981. Vegetación de México. Ed limusa. México.
- Saint-Girons, H. 1966. Le cycle sexual des serpentes venimeux. Memorias do Instituto Butantan Simp. Internac. 33: 105-114.

- Saint-Girons, H y P. Pfeffer. 1971. Le cycle sexuel de serpentes du Cambodge. *Annales des sciences naturelles, zoologie* 13: 543-571.
- Savage, J. M. 1982. The enigma of the Central American herpetofauna: dispersals or vicariance? *Ann. Missouri Bot. Gard.* 69: 464-597.
- Sites, J. W., Jr., J. W. Archie. Ch. J. Cole y O. Flores-Villela. 1992. A review of phylogenetic hypotheses for lizards of the genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): implications for ecological and evolutionary studies. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* New York. 213: 110 pp.
- Smith, H. M. 1946. *Handbook of lizards*. Ithaca, NY: Comstock Pub.
- Smith, H. M. y R. B. Smith. 1976. *Synopsis of the herpetofauna of Mexico*. Vol. III. Source analysis and index for mexican amphibians. John Johnson, North Bennington.
- Smith, H. M., J. L. Camarillo y D. Chiszar. 1993. The status of the members of the *Sceloporus aeneus* complex (Reptilia: Sauria) of Mexico. *Bull. Maryland Herp. Soc.* 29(3): 130-139.
- Somma, C. A. y G. R. Brooks. 1976. Reproduction in *Anolis oculatus*, *Ameiva fuscata* and *Mabuya mabuya* from Dominica. *Copeia* 1976: 249-256.
- Stewart, J. R. 1979. The balance between number and size of young in the live bearing lizard *Gerrhonotus coeruleus*. *Herpetologica*. 35: 342-350.
- Stewart, J. R. 1985. Placentation in the lizard *Gerrhonotus coeruleus* with a comparasion to the extra embryonic membranes

- of the oviparous *Gerrhonotus multicarinatus* (Sauria, Anguidae). J. Morphol. 185: 101-114.
- Tinkle, D. W. 1972. The dynamics of a Utah populations of *Sceloporus undulatus*. Herpetologica. 28: 351-359.
- Tinkle, D. W. 1976. Comparative data on the population ecology of Desert spiny lizard, *Sceloporus magister*. Herpetologica. 32: 1-6.
- Tinkle, D. W., H. M. Wilbur y S. G. Tilley. 1970. Evolutionary strategies in lizard reproduction. Evolution. 24: 55-74.
- Tinkle, D. W. y J. W. Gibbons, 1977. The distribution and evolution of viviparity in reptiles. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Mich. No. 154.
- Vial, J. L. y J. R. Stewart. 1985. The reproductive cycle of *Barisia monticola*: a unique variation among viviparous lizards. Herpetologica. 4(1): 51-57.
- Villagrán Santa Cruz, M., F.R. Méndez-de la Cruz, y L. Parra-Gámez. 1994. Ciclo espermatogénico del lacertilio *Sceloporus mucronatus* (Reptilia, Sauria, Phrynosomatidae). Rev. Biol. Trop. 42: 289-296.
- Vitt, L. 1973. Reproductive biology of the anguid lizard, *Gerrhonotus coeruleus principis*. Herpetologica. 29: 176-184.
- Voris, H. K. y B. C. Jayne. 1979. Growth, reproduction and population structure of a marine snake, *Enhydrina schistosa*. Copeia 1979: 307-318.
- Wilhoft, D. C. y W. B. Quay. 1961. Testicular histology and seasonal changes in the lizard *Sceloporus occidentalis*. J.

Morphol. 108: 95-106.

Wilhoft, D. C. y E. O. Reiter. 1965. Sexual cycle of the lizard *Leiopisma fuscum* a tropical Australian. J. Morph. 116: 379-388.

Xavier, F. 1982. Progesterona in the viviparous lizard *Lacerta vivipara*: ovarian biosynthesis, plasma levels, and binding to transcortin-type protein during the sexual cycle. Herpetologica. 38: 62-70.