

18
zej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“ CAMBIOS HISTOLOGICOS ESTACIONALES DEL TESTICULO,
EPIDIDIMO Y CONDUCTO DEFERENTE DE LA
SERPIENTE VIVIPARA Toluca lineata”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G A
P R E S E N T A :
YURIRI BERNAL COSIO

MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

**CAMBIOS HISTOLÓGICOS ESTACIONALES DEL TESTÍCULO, EPIDÍDIMO Y
CONDUCTO DEFERENTE DE LA SERPIENTE VIVÍPARA *Toluca lineata*.**



Yuriri Bernal Cosío
Laboratorio de Biología de la Reproducción Animal
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
1994

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
PATRONES DE REPRODUCCIÓN EN REPTILES	3
PATRONES DE REPRODUCCIÓN CÍCLICA	3
PATRONES DE REPRODUCCIÓN ACÍCLICOS O CONTÍNUOS	6
CAMBIOS MORFOFISIOLÓGICOS CÍCLICOS DEL TESTÍCULO Y CONDUCTOS REPRODUCTORES	8
OBJETIVOS	11
GENERAL	11
PARTICULARES	11
MATERIAL Y MÉTODO	13
RESULTADOS	15
ASPECTOS HISTOLÓGICOS GENERALES DEL TESTÍCULO	16
MORFOLOGÍA DE LOS TIPOS CELULARES DEL EPITELIO SEMINÍFERO	17
ASPECTOS HISTOLÓGICOS ESTACIONALES DEL TESTÍCULO	17
PRIMAVERA	17
VERANO	18
OTOÑO	18
INVIERNO	18
ASPECTOS HISTOLÓGICOS ESTACIONALES DEL EPIDÍDIMO	20
ASPECTOS HISTOLÓGICOS ESTACIONALES DEL CONDUCTO DEFERENTE	22
DISCUSIÓN	39
CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	49

A Iván.

Por atreverte a tomar el riesgo. Te amo.

A Raquel Cosío C.

Por todas las responsabilidades que has enfrentado sola; porque tal vez pudimos haberlo hecho mejor, pero entonces no hubiéramos sido ni tú, ni yo. Gracias ma'. Te quiero mucho

A Salvador Bernal M.

Por todo lo que sé que sientes por mí, aunque nunca me lo hayas dicho. Te quiero.

A mi hermana Alida y también a Carlos Nakakawa, entre muchas otras cosas porque ahora son más de dos.

A Heidi, por ser mi amiga.

A dos amigos especiales y diferentes, Greta y Baliff, por su amor y su fiel compañía. No los olvido.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis M. en C. Ma. del Carmen Uribe Aranzábal, por tu asesoría, confianza y apoyo. Mari, gracias además por todas las oportunidades, consejos y por tu gran calidad humana.

A Iván Proaño Muciño, por tu ayuda en la elaboración y redacción de este texto, en la obtención de gráficas, tablas y diapositivas. Gracias por todo el tiempo dedicado, por tu apoyo, paciencia, y por tu inmejorable compañía.

A mis sinodales:

M. en C. María Cristina Revilla Monsalve. Por haberme prestado su ayuda desde hace muchos años siempre que la necesité.

Dra. Maricela Villagrán Santa Cruz y M. en C. Teresa Castrejón Osorio, quienes además de participar como sinodales siempre me ofrecieron su ayuda.

A la Biól. Gloria Luz Portales Betancourt, por tu valiosa orientación en la aplicación de técnicas histológicas; por tu amistad y compañía.

A Jorge Montaña, porque eres un excelente compañero, gracias por tu apoyo.

A Teresa López Murillo y Catalina Maldonado por ayudarme con la computadora siempre que les fue posible, y por ser ante todo muy buenas compañeras.

A Gracia González Porter por brindarme su ayuda en la colecta de algunos ejemplares, y en el trabajo de laboratorio.

A Francisco Soberón por su ayuda en la captura de algunos ejemplares y por su asesoría en la identificación de los mismos.

RESUMEN

En el ciclo espermatogénico anual de los ejemplares de la serpiente vivípara *T. lineata*, colectados en el municipio de Atlacomulco, Estado de México, se identificaron cinco estadios: 1) máximo grado de espermiogénesis, 2) disminución de espermatoцитos primarios y células en espermiogénesis, 3) una regresión testicular, 4) un período de recrudescencia testicular y 5) un proceso de espermiogénesis temprana

El testículo de *T. lineata* presenta un período de elevada actividad espermatogénica y espermiogénica durante las estaciones de primavera y principios de verano, en donde se observan abundantes espermátidas y espermatozoides hacia la luz de los túbulos seminíferos. Esta condición decrece paulatinamente hasta observar, en otoño, un período de regresión testicular, en donde el epitelio seminífero es bajo, con sólo espermatogonias y células de Sertoli. La recrudescencia testicular se presentó durante invierno y principios de primavera, el epitelio seminífero aumentó y es evidente la cantidad de espermatoцитos primarios y espermátidas en espermiogénesis temprana.

Las características observadas en epidídimo y conducto deferente son congruentes con el ciclo testicular descrito. De esta forma, la mayor abundancia de espermatozoides se dió durante primavera-verano, disminuyendo en cantidad hasta encontrar, en invierno, los conductos completamente vacíos.

Se identifica un patrón reproductor de tipo prenupcial con posible cópula en verano.

INTRODUCCIÓN

La reproducción es un aspecto esencial en la biología de los organismos; el desarrollo de este campo de la Biología permite el manejo más adecuado de los recursos faunísticos, como puede ser la manipulación de los procesos reproductivos de especies silvestres, domésticas, de granja, o de laboratorio y como en el caso de la especie de serpiente que nos ocupa, *Toluca lineata*, de especies endémicas, o bien, de especies en peligro de extinción.

Los reptiles son un grupo de especial interés en el estudio de la reproducción, no sólo por ser los primeros vertebrados colonizadores del ambiente terrestre que no dependen del agua para la puesta de los huevos, sino también por las adaptaciones evolutivas en las que se vieron implicados en el desarrollo de esta función, entre las cuales encontramos todas las formas de reproducción de los vertebrados como son: la ovípara, la ovovivípara y la vivípara.

Existen por lo menos 6,000 especies vivas de reptiles, de las cuales la mayoría las conforman las lagartijas y las serpientes. Sin embargo, el conocimiento de su anatomía y desarrollo deriva del estudio de aproximadamente 100 especies (Gans, 1985). El estudio de los reptiles en México adquiere mayor importancia debido a la enorme riqueza de herpetofauna que vive en nuestro territorio, especies de las cuales falta mucho por conocer, sobre todo en el caso de especies endémicas.

Comparando el conocimiento que se tiene del grupo de los lacertilios con el de las serpientes, se puede afirmar que de éstas se cuenta con mucha menor información.

PAGINACION VARIA

INTRODUCCIÓN

La reproducción es un aspecto esencial en la biología de los organismos; el desarrollo de este campo de la Biología permite el manejo más adecuado de los recursos faunísticos, como puede ser la manipulación de los procesos reproductivos de especies silvestres, domésticas, de granja, o de laboratorio y como en el caso de la especie de serpiente que nos ocupa, *Toluca lineata*, de especies endémicas, o bien, de especies en peligro de extinción.

Los reptiles son un grupo de especial interés en el estudio de la reproducción, no sólo por ser los primeros vertebrados colonizadores del ambiente terrestre que no dependen del agua para la puesta de los huevos, sino también por las adaptaciones evolutivas en las que se vieron implicados en el desarrollo de esta función, entre las cuales encontramos todas las formas de reproducción de los vertebrados como son: la ovípara, la ovovivípara y la vivípara.

Existen por lo menos 6,000 especies vivas de reptiles, de las cuales la mayoría la conforman las lagartijas y las serpientes. Sin embargo, el conocimiento de su anatomía y desarrollo deriva del estudio de aproximadamente 100 especies (Gans, 1985). El estudio de los reptiles en México adquiere mayor importancia debido a la enorme riqueza de herpetofauna que vive en nuestro territorio, especies de las cuales falta mucho por conocer, sobre todo en el caso de especies endémicas.

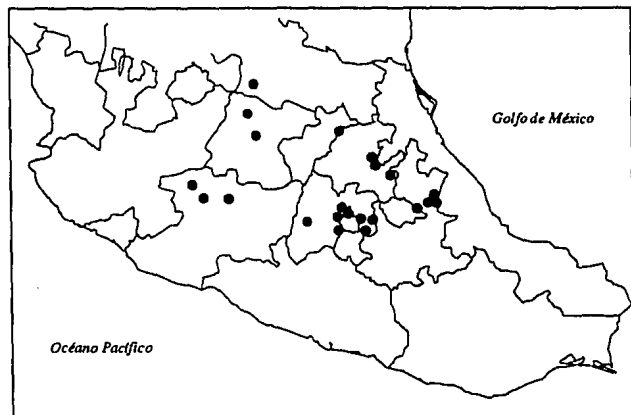
Comparando el conocimiento que se tiene del grupo de los lacertilios con el de las serpientes, se puede afirmar que de éstas se cuenta con mucha menor información.

En algunos reptiles, la variabilidad de algunas características reproductoras tales como la edad a la que el animal adquiere la madurez sexual, la época y la frecuencia del apareamiento y la época de oviposición y nacimiento de las crías se encuentran determinadas por cambios estacionales como la temperatura, el fotoperíodo, la lluvia y la disponibilidad del alimento (Deriekson, 1976; Ballinger, 1977; Lofts, 1977; Callard y Ho, 1980; Vitt y Goldberg, 1983; Guillette y Sullivan, 1985; Guillette y Bearce, 1986.). Tales condiciones ambientales, han marcado una notoria estacionalidad reproductiva, que en reptiles de zonas templadas se presenta una vez al año, lo que trae como consecuencia que el nacimiento de las crías se lleve a cabo en el mejor momento, favoreciendo su sobrevivencia (Lofts, 1977; Callard y Ho, 1980; Marion, 1982.). Esta estacionalidad va acompañada por grandes cambios en los aparatos reproductores masculino y femenino.

La serpiente *Toluca lineata*, que pertenece a la familia Colubridae, subfamilia Natricinae, descrita por Kenicott (1858), es endémica de zonas templadas de México. Habita en los estados de México, Michoacán, Distrito Federal, Querétaro, Puebla e Hidalgo (Mapa 1), (Taylor y Smith, 1942). Duellman (1961), ubica a esta especie entre los 1200 y los 2800 m. de altura, en zonas de bosques de coníferas y de pino-encino. El color de los organismos suele ser café olivo o café oscuro, aunque algunos organismos pueden llegar a ser rosados o rojizos (Fig. 1A y 1B).

Mapa 1

Distribución geográfica de *T. lineata*, de acuerdo con Taylor y Smith (1942).



ANTECEDENTES

PATRONES DE REPRODUCCIÓN EN REPTILES

En general, de los estudios de ciclos reproductores de reptiles, los realizados en las lagartijas forman la mayor parte; en cambio son escasos los estudios en el grupo de las serpientes, en los cuales además se hace énfasis en la descripción de los ciclos reproductores de las hembras, dejando en segundo término el de los machos (Cheng y Lin, 1977).

Fox (1977) y Licht (1984), aseguran que la reproducción en organismos que habitan zonas templadas es estacional, presentando ambos sexos períodos de actividad reproductiva y períodos de descanso. Por otro lado, Duvall, *et al.*, (1982), aseguran que las formas tropicales exhiben con frecuencia estrategias reproductivas continuas.

Según Marion (1982) y Callard (1987), el grado de variación estacional en la actividad reproductiva de hembras y machos de reptiles puede expresarse de la siguiente forma: 1) capacidad de procreación continua o acíclica con niveles similares de actividad reproductiva durante todo el año, 2) capacidad reproductiva continua, pero con niveles variables en la intensidad de la actividad reproductiva, o 3) capacidad reproductiva discontinua o cíclica alternada con períodos de reposo.

PATRONES DE REPRODUCCIÓN CÍCLICA

La reproducción estacional de los reptiles que se encuentran habitando en zonas templadas, ha sido considerada por la mayoría de los investigadores como ventajosa, ya que proporciona altas probabilidades de sobrevivencia a las camadas (Fitch, 1980; Licht, 1984; Callard,

1987; Guillette *et al.*, 1980). De aquí que se pueda inferir el papel determinante de las variables ambientales en el establecimiento de estos procesos reproductivos, los que se evidencian claramente en las diferencias encontradas entre los patrones reproductivos de especies tropicales y los de especies que habitan en zonas templadas.

Whitthier y Crews (1987), y Duvall (1982), mencionan que la temperatura y el fotoperíodo constituyen los factores de estacionalidad climática más regulares en regiones templadas y hacen referencia específicamente a la actividad gonadal centrada en primavera o verano bajo la hipótesis de que el sistema reproductor puede depender del incremento en la temperatura, de la longitud del día, o bien de una combinación de ambos.

Por otro lado, estudios experimentales han demostrado que altas temperaturas representan una señal importante para desencadenar la recrudescencia testicular en algunas especies de serpientes como *Crotalus viridis* (Aldrige, 1975), *Arizona elegans* (Aldrige, 1979), *Tamnophis sirtalis* (Hawlw y Aleksiuik, 1976) y *Nerodia sipedon* (Weil y Aldrige, 1979). En cada caso, los organismos expuestos a varios regímenes de temperatura y fotoperiodicidad durante otoño e invierno mostraron una acelerada actividad espermatogénica sólo cuando se exponían a altas temperaturas. También se ha observado que a alta temperatura (32° C constante) se estimula el proceso de espermatogénesis en *Xantusia vigilis* (Bartholomew, 1953). Sin embargo, cabe aclarar, que existen estudios realizados en lagartijas de regiones subtropicales en donde las poblaciones de altitudes elevadas muestran recrudescencia testicular temprana en otoño a pesar de las bajas temperaturas del lugar (Licht y Gorman, 1975, Jameson y Allison, 1976). Incluso, Villagrán, *et al.*, 1994 (en prensa) y Licht (1971), reportan que en las lagartijas *Sceloporus mucronatus* y *Anolis carolinensis*, respectivamente se ha observado que las bajas temperaturas favorecen el inicio del proceso espermatogénico. En contraste, Marion (1976), observa regresión testicular acelerada a temperaturas cálidas en *Sceloporus undulatus*.

Sin embargo, no hay que olvidar que a nivel individual, los patrones de reproducción no son necesariamente sincrónicos en todos los organismos de una población (Whitthier y Crews, 1987).

En todos los patrones de reproducción anual de los machos de reptiles se identifican tres etapas distintas: 1) un período copulatorio, 2) un período de regresión testicular y 3)

un período de recrudescencia testicular, en el que se produce la generación de espermatozoides que se utilizarán para el siguiente período de cópula (Lofts, 1977).

Por otro lado, Van-Tienhoven (1968), menciona que el proceso espermatogénico se puede dividir en tres períodos principales: 1) multiplicación de espermatogonias, las cuales después de su diferenciación hacia espermatoцитos primarios conforman una nueva capa, 2) la división de los espermatoцитos secundarios, la cual concluye con la formación de las espermátidas y 3) el proceso de espermiogénesis, período en el cual las espermátidas se transforman en espermatozoides.

Licht (1984), menciona que una de las clasificaciones propuesta para los ciclos testiculares se basa en la relación que existe entre el momento en el que ocurre la espermatogénesis y el momento de la cópula.

Así, Saint Girons (1963 y 1982) y Licht (1984), reconocen dos patrones principales de reproducción, clasificados como prenupcial y postnupcial. La primera diferencia entre los dos patrones radica en el momento de la producción del esperma, esto es, si se produce inmediatamente antes o durante la temporada de cópula entonces se habla de un ciclo testicular prenupcial, o bien si la producción de esperma es después de la temporada de cópula se habla de un ciclo postnupcial, en el que el macho almacena los espermatozoides hasta el siguiente año. Los autores afirman que en el patrón prenupcial la espermatogénesis se completa justo antes de la temporada de cópula y proponen que en especies de zonas templadas ocurre durante la primavera. En el otro caso, se describe al patrón postnupcial o aestival, proponiendo que la multiplicación de espermatogonias comienza en verano y la espermiogénesis termina en otoño, se sugiere que los espermatozoides quedan almacenados en los conductos hasta la primavera o el otoño siguiente cuando se presenta la cópula. Saint-Girons (1963), propone un tercer patrón de reproducción, una espermatogénesis de tipo mixto, que puede comenzar en una época del año, detenerse y continuar el siguiente año hasta la época de cópula. En este tipo de patrón la multiplicación de espermatogonias comienza en mayo-junio (primavera -verano), la espermatogénesis se ve interrumpida por un período de hibernación para completarse en la primavera del siguiente año.

Las lagartijas exhiben patrones cíclicos típicamente prenupciales, mientras que los quelonios son característicamente postnupciales. Las serpientes, sin embargo, pueden encontrarse en cualquiera de las dos categorías afirma Licht (1984). La mayoría de las

especies de serpientes de zonas templadas presentan espermatogénesis de tipo postnupcial; sin embargo, en algunas especies como *Vipera berus*, *V. ammodytes* y *V. ursini* que habitan en altitudes o latitudes elevadas se observa un patrón prenupcial con una sola temporada de cópula en primavera (Duvall, *et al.*, 1982).

En el caso de las hembras, la mayoría tienden a una estacionalidad con respecto a la producción de los huevos. Se pueden identificar períodos de actividad ovárica alternados con períodos de actividad nula o reducida (Licht, 1984).

La forma de reproducción ovíparo o vivíparo puede tener efectos en la época del año en la que ocurre la ovulación. Los organismos ovíparos de zonas templadas ovulan típicamente durante la primavera. En tanto que en el caso de algunas lagartijas vivíparas como *Sceloporus jarrovi* (Goldberg, 1971) y *S. cyanogenys* (Callard, *et al.*, 1972) el período de ovulación se observa durante otoño e invierno para dar nacimiento a los embriones en primavera. En el caso de la especie que nos ocupa, *Toluca lineata*, también vivípara, se observó la presencia de folículos maduros en invierno y etapas avanzadas de gestación hacia fines de primavera y principios de verano (González, 1993). Existen sin embargo, casos de lagartijas y de serpientes vivíparas de zonas templadas como *Xantusia vigilis* (Miller, 1948) que ovulan durante la misma estación que algunas formas ovíparas.

PATRONES DE REPRODUCCIÓN ACÍCLICOS O CONTÍNUOS

Algunas especies de reptiles, especialmente aquellas que habitan los estables y húmedos trópicos exhiben patrones de reproducción contínuos (Duvall, *et al.*, 1982). Para ambos sexos, ya sea a nivel individual o poblacional, representa la presencia de un patrón reproductivo acíclico, con actividad reproductiva uniforme a lo largo de todo el año (Licht, 1984). Whittier y Crews (1987), identifican este tipo de patrón reproductivo como un mecanismo de control cerrado o pre-programado, que se encuentra completamente determinado de forma endógena y que no se ve afectado por factores de tipo exógeno. Así, en ambientes predecibles, ya sea a nivel individual o poblacional un mecanismo de control pre-programado resulta ser ventajoso, ya que los organismos se encuentran listos para reproducirse sin necesidad de un disparador externo de tipo ambiental, el cual resulta ser desventajoso para aquellos organismos que habitan en ambientes poco predecibles.

La generalización de que los machos de muchas especies de lagartijas de zonas tropicales muestran actividad reproductiva continua se basa en observaciones histológicas que indican la presencia de espermatozoides maduros en los testículos y epidídimo en todos los meses del año. Sin embargo, estudios más detallados revelan dudas acerca de una espermatogénesis verdaderamente acíclica (Licht 1984). Algunas evidencias sugieren cierto grado de variación estacional en la actividad testicular de especies con un patrón reproductor acíclico aparente. Las primeras evidencias registradas provienen de medidas gravimétricas, en donde además de que se observa una actividad espermatogénica durante todo el año las diferencias estacionales en el peso y tamaño de los testículos es frecuente, esto sugiere cierto grado de estacionalidad en la producción de esperma. Un segundo aspecto relevante es la producción de andrógenos, aunque la espermatogénesis parezca continua existen pronunciados ciclos estacionales en los niveles de andrógeno en plasma o bien, se observan cambios en las características de las células de Leydig (Gorman *et al.*, 1981; Del Conte, 1972).

De todas las lagartijas estudiadas, sólo pocas proporcionan evidencias de una verdadera actividad testicular acíclica, entre ellas se pueden mencionar los trabajos realizados en cuatro de geckos por Church (1962) y en dos especies más por Ingen y Greenberg (1966).

Estudios realizados en serpientes tropicales, han propuesto también actividad testicular acíclica (Licht, 1984). Fitch (1970), realiza una extensa revisión de literatura referente a ciclos reproductores, y concluye que existen aproximadamente 50 especies de serpientes tropicales con capacidad reproductiva a lo largo de todo el año.

Ahora bien, la gametogénesis cíclica es más clara en las hembras que en los machos, como una consecuencia de la cantidad de energía que se tiene que invertir en la producción del huevo, o bien, como en el caso de especies vivíparas en alojar el embrión durante determinado tiempo, por lo cual no puede esperarse la producción constante de gametas en las hembras, aunque el tiempo en el que se realice el ciclo pueda variar, como es el caso de algunas lagartijas como los geckos en los que camadas de un individuo se producen a intervalos de tiempo relativamente cortos. Por otro lado podemos encontrar a algunas especies de tortugas de mar que pueden ovipositar cada 2, 3 o 4 años (Moll, 1979).

En términos generales, el tamaño de los testículos, la presencia o ausencia de alguno de los tipos celulares durante el proceso de espermatogénesis (espermatogonias, espermatocitos primarios, secundarios, espermátidas y espermatozoides), la altura del epitelio seminífero, la presencia o ausencia de luz y de espermatozoides en los túbulos seminíferos y conductos accesorios (epidídimo y conducto deferente) son claras manifestaciones estacionales de la actividad reproductora del macho que diversos autores mencionan (Fox, 1958; Wilhoft, 1963; Asplonel y Lowe, 1964; Hahn, 1964; Mayhew y Wright, 1970; Cheng y Lin, 1977; Lofts, 1977; Marion, 1982 y Licht, 1984). Todas estas características nos permiten reconocer la actividad testicular en diferentes momentos dentro del ciclo reproductivo y ubicar el momento de la espermiación, carácter que facilitará identificar el momento de la cópula e inferir sobre la posible sincronía o asincronía del ciclo reproductor de la hembra y el macho de una especie. La evaluación del grado de actividad reproductora con base en los parámetros anteriores se logra tanto por el estudio macroscópico, como por la estructura microscópica de los órganos en cuestión, en donde se hacen evidentes los cambios morfológicos a nivel estacional.

Algunos estudios que han permitido caracterizar las etapas por las que atraviesa el testículo dependiendo del momento en el que se encuentre son el realizado por Mayhew y Wright (1970), en tres especies del género *Uma*, en donde describen claramente los cambios estacionales en el testículo, dividiéndolo en ocho etapas (Cuadro 1), y el realizado por Marion (1970), en donde se describe el ciclo testicular y la condición del epidídimo en la lagartija *Sceloporus undulatus*, en el cual identifica siete estadios diferentes (Cuadro 2).

Cuadro 1

Estadio	Condición espermatogénica
1	División de algunas células germinales, sin desarrollo de una luz
2	Espermatocitos primarios en el margen de la luz
3	Espermatocitos secundarios en el margen de la luz
4	Espermátidas indiferenciadas en el margen de la luz
5	Espermátidas en metamorfosis en el margen de la luz
6	Esperma maduro en la luz.
7	Inicio de regresión, degeneración celular en la luz
8	Regresión completa, no hay división celular ni luz

Cuadro 2

Clasificación de estadios
espermatogénicos de
Sceloporus undulatus
(tomado de Marion, 1982).

Estado	Túbulos seminíferos	Epidídimo
1	Regresión testicular, solo se observan espermatogonias.	Variable, pueden estar presentes espermatozoides del ciclo anterior
2	Aparecen espermatoцитos primarios	Vacío
3	Espermatoцитos secundarios y espermátidas abundantes	Vacío
4	Espermátidas en transformación. Pocos espermatozoides	Vacío
5	Espermátidas y espermatozoides abundantes	Vacío
6	Máximo nivel de espermatogénesis	Abundantes espermatozoides
7	Abundantes espermatozoides, pocas espermátidas y espermatoцитos	Abundantes espermatozoides

Ahora bien, con respecto a los conductos reproductores otros autores como Goldberg y Parker (1957), Fox (1958), Hahn (1964), Cheng y Lin (1977), Aldrige (1979), y Raygoza (1984), estudiaron histológicamente el epidídimo, afirmando que está formado de tres tipos de conductos: los conductillos eferentes que comprenden el primer nivel después del testículo, el segundo nivel formado por los conductillos epididimarios y el último nivel que comprende a los conductos epididimarios.

Los estudios realizados en conducto deferente en ciclos reproductores no son abundantes, se pueden mencionar el descrito por Fox (1958), para la lagartija *Anolis carolinensis* y el descrito por Goldberg y Parker (1975), para dos serpientes de la familia Colubridae.

OBJETIVOS

GENERAL

Contribuir al conocimiento del ciclo reproductor masculino de la serpiente vivípara *Toluca lineata*.

PARTICULARES

Describir los cambios histológicos estacionales del testículo y conductos reproductores (epidídimo y conducto deferente) de *T. lineata*.

Definir la estacionalidad del ciclo reproductor masculino de *T. lineata* y su condición prenupcial o postnupcial

MATERIAL Y MÉTODO

Se colectaron 19 ejemplares machos adultos de *T. lineata* en el municipio de Atlacomulco, Estado de México durante las cuatro estaciones del año (5 en primavera, 6 en verano, 6 en otoño y 2 en invierno). Los animales se sacrificaron con una sobredosis de cloroformo, se determinó su longitud hocico-cloaca (mm) y su peso (g). Los ejemplares se disecaron obteniendo el aparato reproductor (Fig. 1C), el cual se fijó en Bouin y Bouin- Dubosco. Los testículos se midieron en su largo y ancho. El conducto deferente se seccionó en la región media, tomándose un fragmento de 1 cm de largo.

Los órganos obtenidos se deshidrataron en alcoholes graduales (50°, 70°, 80°, 96°, 100°) y xilol, y se incluyeron en bloques de paraplast.

Se hicieron cortes seriados de 7 micras de grosor en sentido transversal en un microtomo American Optical. Las técnicas de tinción aplicadas fueron las siguientes: Hematoxilina-Eosina, Azul de Alciano y PAS.

Para los datos merísticos se utilizó un ocular micrométrico y se seleccionaron tres organismos por estación del año (en invierno se utilizaron los dos organismos colectados). En los túbulos seminíferos se tomaron medidas de cada uno de los tipos celulares que forman parte del epitelio germinal. Se midieron un total de 55 células de cada tipo celular, cinco por cada uno de los tres organismos seleccionados por estación del año.

Para los túbulos seminíferos, se consideraron, el diámetro del túbulo en corte transversal y la altura del epitelio seminífero. En este caso se midieron un total de 15 tubos, como en

el caso anterior, cinco tubos por cada uno de los tres ejemplares seleccionados por estación del año, con excepción de invierno, en donde sólo se contó con dos ejemplares.

En el caso de los conductos reproductores (epidídimo y conducto deferente) se tomó en cuenta, al igual que para los túbulos seminíferos, el diámetro de los conductos y la altura del epitelio. Cabe aclarar que para estos datos no fue posible tomar el mismo número de medidas, esto, dependió en cada estación del tipo de corte histológico que se obtuvo, de esta forma, se hace referencia en las cuadros correspondientes al número de registros observados (N). Se consideró además, la ausencia o presencia, escasa o abundante de espermatozoides. Para presentar y evaluar estos resultados, se obtuvieron el promedio y la desviación estándar de los mismos, representándolos de manera gráfica.

RESULTADOS

El aparato reproductor de los machos de *T. lineata* se compone de un par de testículos ovales que miden como promedio 6.96 mm de largo y 2.87 mm de ancho, contienen numerosos túbulos seminíferos, los cuales desembocan en una serie de conductos contorneados conocidos como epidídimo, que a su vez se continúan con el conducto deferente que se abre directamente a la cloaca. Se observan un par de hemipenes.

El tamaño y peso de los ejemplares se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3

Longitud (hocico - cloaca)
y peso de los ejemplares
colectados de *T. lineata*.

Estación	Ejemplar	Longitud (mm)	Peso (g)
Primavera	4	187	10.00
	15	182	8.30
	16	190	9.10
	17	185	9.80
	18	183	8.00
Verano	1	187	10.10
	2	182	8.10
	3	190	9.00
	19	180	8.20
	20	186	10.00
	21	188	10.20
Otoño	5	207	11.40
	6	187	10.20
	7	193	10.50
	10	172	8.00
	11	205	11.20
Invierno	12	204	11.00
	13	192	8.90
	14	180	8.00

Se registraron diferencias a nivel estacional con respecto al tamaño testicular (Cuadro 4), observándose la mayor talla durante la primavera, la que disminuye progresivamente durante verano y otoño para aumentar nuevamente en invierno.

Cuadro 4

Promedio y desviación estándar del largo y ancho del testículo derecho de los ejemplares de *T. lineata*.

Estación	N	Largo (mm)	Ancho (mm)
Primavera	5	10.70 ± 2.47	4.36 ± 0.31
Verano	6	8.13 ± 0.37	2.47 ± 0.41
Otoño	6	6.65 ± 1.09	3.56 ± 0.65
Invierno	2	8.70 ± 0.24	4.09 ± 0.24

ASPECTOS HISTOLÓGICOS GENERALES DEL TESTÍCULO

El aspecto histológico del testículo se evaluó con los ejemplares correspondientes a primavera y verano, en los que se registró mayor actividad espermatogénica y espermiogénica (Fig. 2 y 3).

Se encuentra rodeado por una túnica albugínea y contiene abundantes túbulos seminíferos, rodeados de tejido intersticial (Fig. 2A y 2B). En los túbulos se distinguen todas las etapas de la espermatogénesis, e incluso, algunos muestran abundantes espermatozoides en la luz, (Fig. 2A y 2B).

La túnica albugínea que rodea al testículo es delgada, tiene un espesor de $19 \mu \pm 7.5 \mu$ (N=10) y está compuesta de tejido conectivo, en el cual se distinguen fibroblastos, fibras colágenas y vasos sanguíneos.

En los espacios intertubulares se encuentran pequeños vasos sanguíneos, fibras de tejido conectivo y algunos grupos de células de Leydig; las cuales son de forma ovalada, con núcleo ovalado y excéntrico.

Los túbulos seminíferos están limitados por una membrana basal y en su interior se encuentran células de Sertoli y células germinales en distintas etapas de desarrollo. El proceso espermatogénico se da de forma radial, esto es, ocurre de la base del epitelio seminífero hacia la luz de los túbulos seminíferos (Fig. 2, 3, 5 y 6).

Las espermatogonias se localizan cercanas a la pared del túbulo y alcanzan un diámetro de $6.15 \mu \pm 1.3 \mu$ (N=55). En el núcleo se distingue cromatina dispuesta de manera dispersa y grumosa (Fig. 3A).

Los espermatocitos primarios son las células más abundantes y de mayor diámetro, miden $10.26 \mu \pm 1.8 \mu$ (N=55), se encuentran formando varios estratos hacia la luz del túbulo. En el núcleo son evidentes los cromosomas e incluso se puede identificar la etapa meiótica por la que atraviesan (Fig. 2B).

Se observan espermatocitos secundarios con un diámetro promedio de $5.11 \mu \pm 1.3 \mu$ (Fig. 3A).

Las espermátidas son abundantes, tienen un diámetro de $5.04 \mu \pm 1.3 \mu$ (N=55), su núcleo es central, esférico, claro en su etapa temprana y denso posteriormente (Fig. 3C). Las espermátidas se observan en distintas etapas de espermiogénesis, en las cuales es evidente su progresiva diferenciación (Figs. 2B y 3C).

Los espermatozoides suelen encontrarse hacia la luz del túbulo, frecuentemente formando grupos (Figs. 2B, 3A y 3C), o bien, se observan en el centro del túbulo. La cabeza es alargada y ligeramente más gruesa que el flagelo (Fig. 2B).

Los núcleos de las células de Sertoli están situados en la base del epitelio seminífero, son esféricos, ovalados o triangulares, de aspecto claro y con un nucléolo bien definido. Su diámetro es de $10.75 \mu \pm 2.05 \mu$ (N=10), en algunas ocasiones se llegan a observar núcleos pareados (Fig. 3C).

ASPECTOS HISTOLÓGICOS ESTACIONALES DEL TESTÍCULO

El aspecto histológico del testículo cambia claramente dependiendo de la estación del año (Gráfica 1 y Cuadro 9).

PRIMAVERA

El proceso de espermiogénesis es avanzado y se observa gran cantidad de espermatozoides en la luz del túbulo. Los espermatocitos primarios son abundantes y se encuentran colocados en dos o tres estratos (Fig. 2A y 2B). El diámetro de los túbulos seminíferos es de 368.00

$\mu \pm 94.51 \mu$ (N=15) y la altura del epitelio seminífero es de $77.50 \mu \pm 17.78 \mu$ (N=15), (Cuadro 5 y Gráfica 1).

VERANO

Es clara la disminución del diámetro de los túbulos y del epitelio seminífero, miden $230.67 \mu \pm 46.52 \mu$ y $39.33 \mu \pm 9.33 \mu$ (N=15) respectivamente (Cuadro 5 y Gráfica 1). En las espermatogonias no se observa actividad mitótica. El número de espermátocitos primarios se ha reducido considerablemente, sólo se observan una o dos capas en el epitelio seminífero. El proceso de espermiogénesis continúa, sin embargo el número de espermátidas tempranas se reduce, sólo se diferencian a espermatozoides las que ya se encontraban presentes (Fig. 3B y 3C).

OTOÑO

La regresión testicular es evidente, el diámetro de los túbulos es de $162.50 \mu \pm 48.21 \mu$ (N=15) y la altura del epitelio seminífero $20.33 \mu \pm 4.33 \mu$ (N=15) (Cuadro 5 y Gráfica 1). Se observan pocas espermatogonias en la base del túbulo y no se observa actividad mitótica. Los espermátocitos primarios disminuyen en número, observándose en una o dos capas en algunos niveles del epitelio seminífero, pero en otros niveles no se observan (Fig. 5B). Las espermátidas son muy escasas y en la luz del túbulo se distinguen escasos espermatozoides y restos celulares (Fig. 5A y 5B).

INVIERNO

Comienza la recrudescencia testicular (Fig. 6A y 6B). La altura del epitelio seminífero aumenta, en este caso es de $57.00 \mu \pm 9.49 \mu$ (N=10), el diámetro del túbulo aumenta también, registrando valores de $230.00 \mu \pm 42.43 \mu$ (N=10), (Cuadro 5 y Gráfica 1). Las espermatogonias se observan en la base de los túbulos seminíferos, los espermátocitos primarios se ubican en dos o tres estratos y se encuentran en franca actividad meiótica. Se observan dos o tres estratos de espermátocitos secundarios y algunas espermátidas tempranas. El proceso de espermiogénesis no ha comenzado o es muy escaso aún. No se observan espermatozoides en la luz de los túbulos. A fines de invierno (principios de marzo) el número de espermátocitos secundarios aumenta y se observan espermátidas en

espermiogénesis temprana. Se localizan algunas espermatidas en proceso de diferenciación limitando la luz de los túbulos (Fig. 6B).

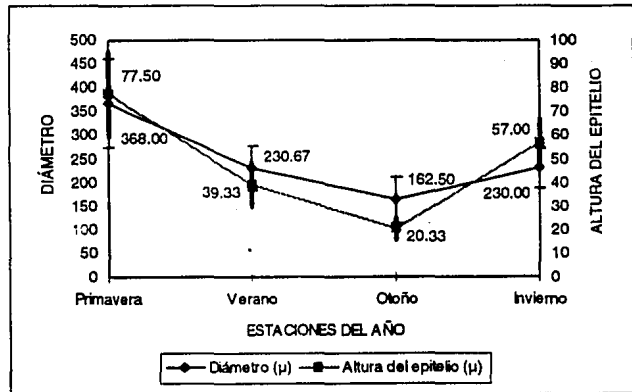
Cuadro 5

Cambios estacionales promedio en el diámetro y altura del epitelio de los túbulos seminíferos de ejemplares adultos de *T. lineata*. Se incluye desviación estándar.

Estación	N	Diámetro (μ)	N	Altura del epitelio (μ)
Primavera	15	368.00 \pm 94.51	15	77.50 \pm 17.78
Verano	15	230.67 \pm 46.52	15	39.33 \pm 9.33
Otoño	15	162.50 \pm 48.21	15	20.33 \pm 4.32
Invierno	10	230.00 \pm 42.43	10	57.00 \pm 9.49

Gráfica 1

Cambios estacionales en el diámetro y la altura del epitelio de los túbulos seminíferos de los ejemplares de *T. lineata*.



En resumen, se observaron cinco estadios diferentes en el ciclo reproductor de *T. lineata* (Tabla 9):

- 1 Máximo grado de espermiogénesis. Las espermatogonias son abundantes, al igual que los espermatocitos primarios que se encuentran ubicados en dos o tres estratos, y en los que es fácil identificar la etapa meiótica por la que atraviesan. Se observan espermatocitos secundarios y abundantes espermatidas en espermiogénesis avanzada. Hacia la luz del túbulo existe gran cantidad de espermatozoides (primavera), (Fig. 2A y 2B).
- 2 Disminución en el número de espermatogonias y espermatocitos primarios, se observan solamente uno o dos estratos. Se observan espermatocitos secundarios y espermatidas

en espermiogénesis. Abundantes espermatozoides en la luz de los túbulos (verano), (Fig. 3).

- 3 Los túbulos seminíferos se encuentran en alto grado de regresión. Sólo se observan núcleos de células de Sertoli, espermatogonias, algunos espermatoцитos primarios y restos celulares. El tejido intersticial aumenta considerablemente (otoño), (Fig. 5A y 5B).
- 4 Comienzo de la recrudescencia testicular. Se observan dos o tres estratos de espermatoцитos primarios, abundantes espermatoцитos secundarios y algunas espermátidas tempranas, no se observa el proceso de espermiogénesis. La cantidad de tejido intersticial disminuye nuevamente (invierno), (Fig. 6A)
- 5 Caracterizado además de las especificaciones anteriores, por la presencia de algunas espermátidas en espermiogénesis temprana (invierno), (Fig. 6B).

ASPECTOS HISTOLÓGICOS ESTACIONALES DEL EPIDÍDIMO

El epidídimo consta de una serie de conductos contorneados cubiertos por una cápsula de tejido conjuntivo fibroso. Se pueden identificar tres tipos de conductos: 1) los conductillos eferentes, 2) los conductillos epididimarios y 3) los conductos epididimarios (Fig. 3B).

Los conductillos eferentes son dos o tres conductos muy cercanos al testículo, los cuales se caracterizan por tener una luz amplia y un epitelio bajo, casi plano. Estos conductos se encontraron completamente vacíos a lo largo de todo el año (Fig. 4B).

Hacia el interior del cuerpo del epidídimo se distinguen los conductillos epididimarios y los conductos epididimarios.

Los conductillos epididimarios están revestidos por epitelio cúbico, el cual forma prolongaciones en el extremo apical, hacia la luz del conducto, constituyendo estereocilios. Estos conductos son abundantes, en la mayoría de los casos, se observaron abundantes estereocilios, los que en otoño disminuyen considerablemente (Figs. 2C, 3B, 4A, 4B, 4C, y 6C). Los conductillos no contenían espermatozoides, con excepción del organismo 5, correspondiente a otoño, en el cual se localizaron algunos (Fig. 5D); sin embargo, la apariencia de estos era diferente a los observados durante primavera y verano, aparentemente

se trataba de espermátidas indiferenciadas, o bien de espermatozoides con anomalías, las cabezas eran grandes y los flagelos eran en la mayoría cortos.

Con respecto al diámetro y a la altura del epitelio de los conductillos los valores más altos se registraron para los ejemplares de primavera, $50.42 \mu \pm 19.67 \mu$ y $8.19 \mu \pm 2.69 \mu$ (N=18) respectivamente, los cuales disminuyeron poco a poco, así, en verano se pudo registrar un diámetro de conductillos de $43.50 \mu \pm 15.58 \mu$ y una altura del epitelio de $8.17 \mu \pm 2.40 \mu$ (N=15). En otoño, se registraron los valores mínimos, $27.08 \mu \pm 8.45 \mu$ (N=12) para el diámetro de los conductillos y $6.56 \mu \pm 1.21 \mu$ (N=12) para la altura del epitelio, los cuales permanecen semejantes para los organismos de invierno, en donde se observaron valores de $26.25 \mu \pm 10.09 \mu$ (N=10) para el diámetro de los conductillos y $7.00 \mu \pm 1.05 \mu$ (N=10) (Cuadro 6 y Gráfica 2), lo cual coincide con los resultados observados con respecto al diámetro y la altura del epitelio seminífero.

Los conductos epididimarios son de luz amplia y de mayor diámetro en relación con los conductillos epididimarios, en su interior es posible observar espermatozoides. Su epitelio está formado de células cilíndricas muy largas (Figs. 2C, 3B, 4C y 5C).

Se observó una clara estacionalidad con respecto a la presencia o ausencia de espermatozoides en la luz de los conductos, así como en el diámetro de estos, sin embargo, el comportamiento observado en la altura del epitelio no fue congruente con el registro del diámetro de los conductos (Cuadro 7 y Gráfica 3). Para los organismos de primavera se observó como condición general la presencia de abundantes espermatozoides, en este caso, el diámetro de los conductos fue de $143.25 \mu \pm 31.29 \mu$ (N=10) y la altura del epitelio de $17.55 \mu \pm 3.95 \mu$ (N=10). En verano, en la mayoría de los ejemplares los conductos contenían pocos espermatozoides, se registró el diámetro de $132.50 \mu \pm 24.11 \mu$ (N=3) y la altura del epitelio de $10.45 \mu \pm 5.68 \mu$ (N=11). En otoño, los conductos se encontraban prácticamente vacíos (Fig. 5C), se registró el diámetro de $104.17 \mu \pm 19.09 \mu$ (N=3) y la altura del epitelio de $20.00 \mu \pm 6.61 \mu$ (N=3). En los ejemplares correspondientes a invierno los conductos no contenían de espermatozoides (Fig. 6C), el diámetro de los conductos y la altura del epitelio fueron de $71.25 \mu \pm 12.37 \mu$ (N=2) y $20.00 \mu \pm 6.61 \mu$ (N=3), respectivamente.

Cuadro 6

Cambios histológicos estacionales promedio en el diámetro y altura del epitelio de los conductillos epididimarios. Se incluye desviación estándar.

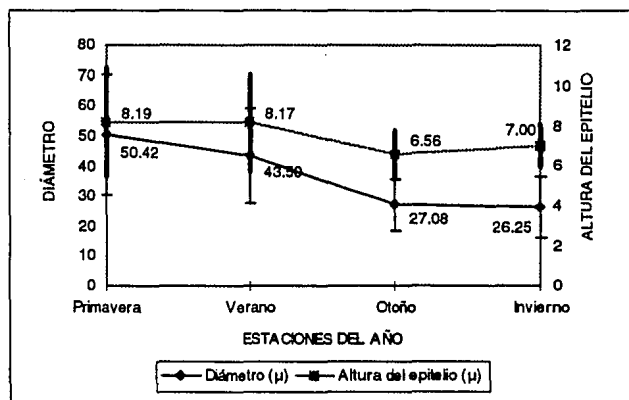
Estación	N	Diámetro (μ)	N	Altura del epitelio (μ)
Primavera	18	50.00 \pm 19.67	18	8.19 \pm 2.69
Verano	15	43.50 \pm 15.58	15	8.17 \pm 2.40
Otoño	12	27.08 \pm 8.45	12	6.56 \pm 1.21
Invierno	10	26.25 \pm 10.09	10	7.00 \pm 1.05

ASPECTOS HISTOLÓGICOS ESTACIONALES DEL CONDUCTO DEFERENTE

Este conducto se encuentra formado por un epitelio columnar, cuyos extremos apicales muestran estereocilios, sin embargo, se encuentran presentes en menor cantidad comparado con los observados en los conductillos epididimarios. Rodeando al epitelio se observó tejido conjuntivo que contiene vasos sanguíneos.

Gráfica 2

Cambios estacionales en el diámetro y la altura del epitelio de los conductillos epididimarios de los ejemplares de *T. lineata*.



En términos generales, la estacionalidad con respecto a la presencia o ausencia de espermatozoides en los conductos fue clara. Para los ejemplares de primavera se observaron alojados gran cantidad de espermatozoides (Fig. 2D), se observaron también algunos ejemplares con pocos espermatozoides. La única condición que se registró para los ejemplares de verano fue la presencia de abundantes espermatozoides (Fig. 4D). En otoño, se localizaron ejemplares con abundante cantidad de espermatozoides, así como otros con los conductos vacíos (Fig. 5E). En invierno los conductos se encontraban completamente vacíos (Fig. 6D).

Cuadro 7

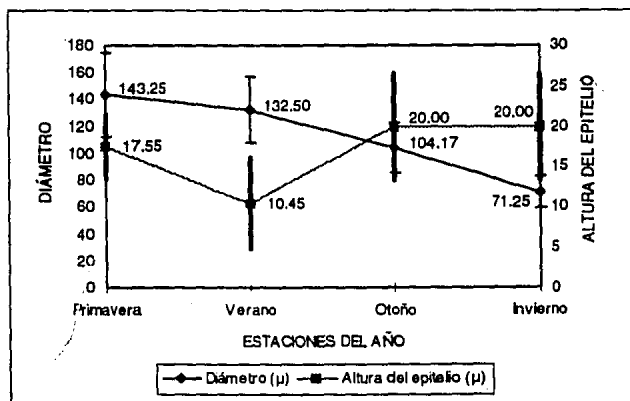
Cambios histológicos estacionales promedio en el diámetro y altura del epitelio de los conductos epididimarios. Se incluye desviación estandar.

Estación	N	Diámetro (μ)	N	Altura del epitelio (μ)
Primavera	18	50.00 \pm 19.67	18	8.19 \pm 2.69
Verano	15	43.50 \pm 15.58	15	8.17 \pm 2.40
Otoño	12	27.08 \pm 8.45	12	6.56 \pm 1.21
Invierno	10	26.25 \pm 10.09	10	7.00 \pm 1.05

Con respecto al diámetro de los conductos deferentes, en los organismos de primavera se registró un valor de $257.75 \mu \pm 116.01 \mu$ (N=10). En verano, las medidas registradas fueron de $112.00 \mu \pm 38.09 \mu$ (N=10). En otoño el diámetro observado fue de $307.75 \mu \pm 75.65 \mu$ (N=10). Por último, en invierno la medida fue de $152.14 \mu \pm 55.31 \mu$ (N=7). Así, es posible percatarse de que las diferencias encontradas de una estación a otra no siguieron un patrón específico (Cuadro 8 y Gráfica 4). No en cambio en la altura del epitelio de los conductos, en donde sí se observa una clara relación con la época de mayor actividad reproductora de los testículos (Cuadro 8 y Gráfica 4). La mayor altura se registró en los ejemplares de primavera ($21.05 \mu \pm 7.81 \mu$ N=10), la cual disminuye poco a poco, de este modo, en verano se registró una medida de $18.50 \mu \pm 3.57 \mu$ (N=10), en otoño se observó el valor mínimo y fue de $8.25 \mu \pm 2.65 \mu$ (N=10), en los ejemplares correspondientes a invierno el epitelio de los conductos vuelve a aumentar poco a poco y mide $10.36 \mu \pm 2.25 \mu$ (N=7).

Gráfica 3

Cambios estacionales en el diámetro y la altura del epitelio de los conductos epididimarios de los ejemplares de *T. lineata*.



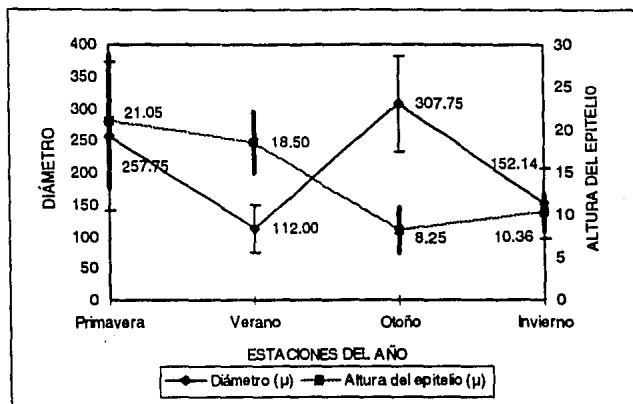
Cuadro 8

Cambios estacionales promedio en el diámetro y la altura del epitelio del conducto deferente. Se incluye desviación estándar.

Estación	N	Diámetro (μ)	N	Altura del epitelio (μ)
Primavera	10	257.75 \pm 116.01	10	21.05 \pm 7.81
Verano	10	112.00 \pm 38.09	10	18.50 \pm 3.57
Otoño	10	307.75 \pm 75.65	12	8.25 \pm 2.65
Invierno	7	152.14 \pm 55.31	7	10.36 \pm 2.25

Gráfica 4

Cambios estacionales en el diámetro y la altura del epitelio del conducto deferente de los ejemplares de *T. lineata*.

**Cuadro 9**

Estadios del ciclo espermatogénico y condición anual del epidídimo y conducto deferente de *Toluca lineata*.

Estado	Túbulos seminíferos	Epidídimo	Conducto deferente	Estación
1	Abundantes espermatoцитos primarios y espermátidas. Máximo grado de espermiogénesis	Abundantes espermatozoides	Abundantes espermatozoides	Primavera
2	Pocos espermatoцитos primarios. Disminuye el número de células en espermiogénesis. Abundantes espermatozoides	Pocos espermatozoides	Abundantes espermatozoides	Verano
3	Espermatogonias y algunos espermatoцитos primarios. Regresión testicular	Vacío	Vacío	Otoño
4	Abundantes espermatoцитos primarios. Recrudescencia testicular.	Vacío	Vacío	Invierno
5	Abundantes espermatoцитos primarios y espermátidas. Espermiogénesis temprana.	Vacío	Vacío	Invierno

LÁMINAS

Figura 1.

Variedades y aparato urogenital de *T. lineata*.

Fig. 1A. Variedad café olivo.

Fig. 1B. Variedad roja.

Fig. 1C. Aparato urogenital, se observan los riñones (R), testículos (T) y el conducto deferente (CD).

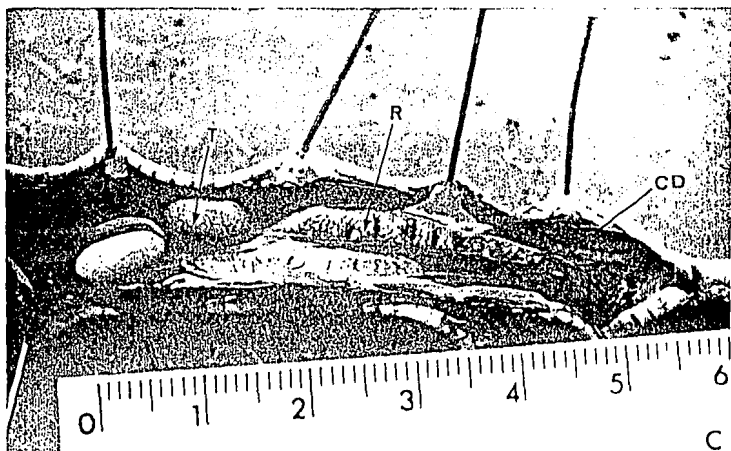
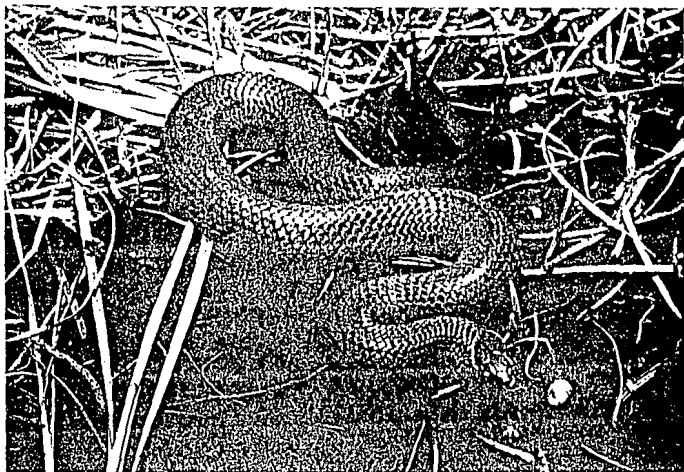


Figura 2

Aspectos histológicos del testículo, epidídimo y conducto deferente de *T. lineata* durante primavera.

Fig. 2A. Epitelio seminífero (Estadio 1). Máxima actividad espermatogénica. El epitelio seminífero (ep) alcanza su mayor altura. Se observan abundantes espermatozoides (Ez) hacia la luz de los túbulos (L), los flagelos se disponen paralelamente. (H-E), 200X.

Fig. 2B. Detalle de la fig. 2A. Espermatoцитos primarios en fase paquitena (E1), espermátidas (Et) en distintas fases de espermiogénesis y algunos espermatoцитos secundarios (E2), en el borde apical, con cabezas alargadas y largos flagelos se encuentran los espermatozoides (Ez). Escaso tejido intersticial (Ti) entre los túbulos seminíferos. (H-E), 500X.

Fig. 2C. Epidídimo. Conductillos epididimarios (c) con epitelio cúbico y largos estereocilios. Conducto epididimario (C), se observa un epitelio cilíndrico. (H-E), 500X.

Fig. 2D. Conducto deferente (CD), se observa un epitelio cilíndrico y abundantes espermatozoides (Ez) en la luz. (H-E), 500X.

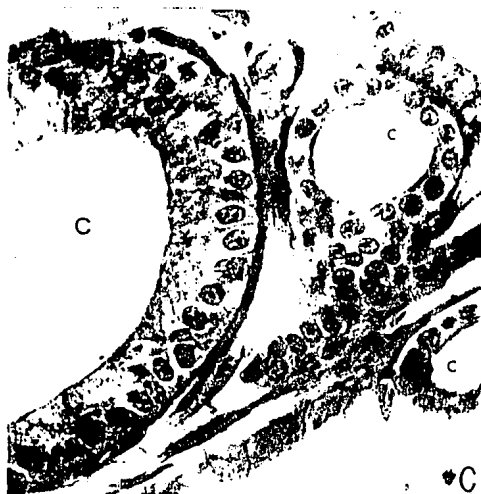
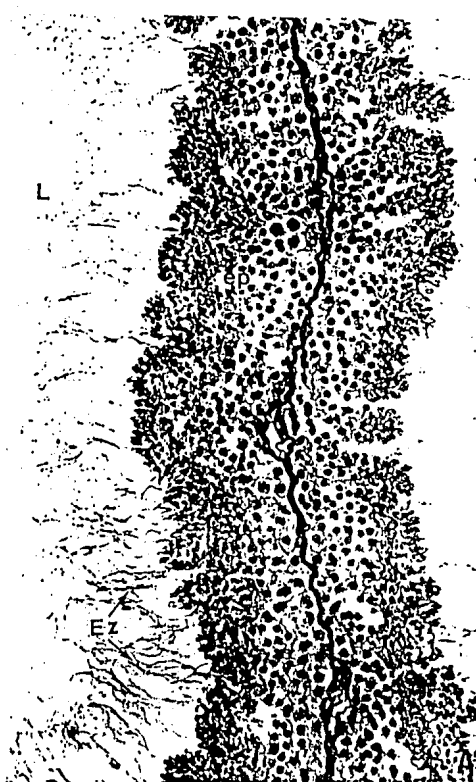


Figura 3

Aspectos histológicos del testículo de *T. lineata* durante verano.

Fig. 3A. Altura del epitelio seminífero en reducción comparado con las imágenes de primavera (Estadio 2). Espermatogonias en la base del túbulo, observese la reducción en el número de espermátidas (Et), se observan aún espermatoцитos primarios (E1) y algunos secundarios (E2), sin embargo, no en todos los túbulos, ver imagen de túbulo adyacente. El proceso de espermiogénesis (Et) es evidente. (Tricrómica de Gallegos), 500X.

Fig. 3B. Túbulo seminífero y epidídimo. En el epitelio seminífero (ep) se observa gran cantidad de espermatozoides (Ez) hacia la luz del túbulo (L). Epidídimo con los tres niveles de conductos: conductillos eferentes (e), conductillos epididimarios (c) y conductos epididimarios. (H-E), 200X.

Fig. 3C. Detalle de la figura 3B. En el epitelio seminífero se observa una clara disminución en la cantidad de espermatoцитos primarios (E1), hacia la luz del túbulo se observan espermátidas (Et) en espermiogénesis y gran cantidad de espermatozoides (Ez). Los núcleos de las células de Sertoli (S) se ubican en la base de los túbulos. (H-E), 500X.

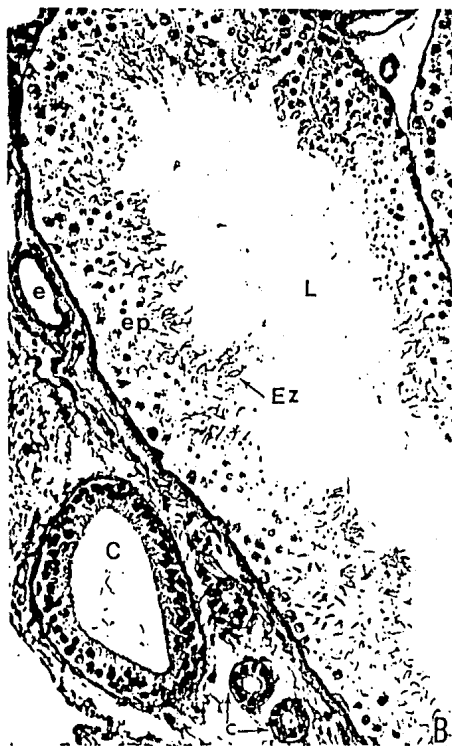


Figura 4

Aspectos histológicos del epidídimo y conducto deferente de *T. lineata* durante verano.

Fig. 4A. Epidídimo. Nivel anterior del conductillo eferente (e), se observa un epitelio bajo. Los conductillos epididimarios (c) no contienen espermatozoides, se observan largos estereocilios. (PAS), 200X.

Fig. 4B. Epidídimo. Conductillo eferente (e), nivel posterior, la altura del epitelio aumenta. Se observan conductillos epididimarios (c), en los dos casos se registra una reacción Schiff positiva, lo que no sucede con el conducto epididimario (C), en el cual se observan pocos espermatozoides (Ez). (PAS), 200X.

Fig 4C. Epidídimo. Conductillos epididimarios (c) y conductos epididimarios (C), se observan pocos espermatozoides (Ez). (H-E), 500X.

Fig. 4D. Conducto deferente (CD), con un epitelio de tipo cilíndrico y abundantes espermatozoides. (H-E), 500X.

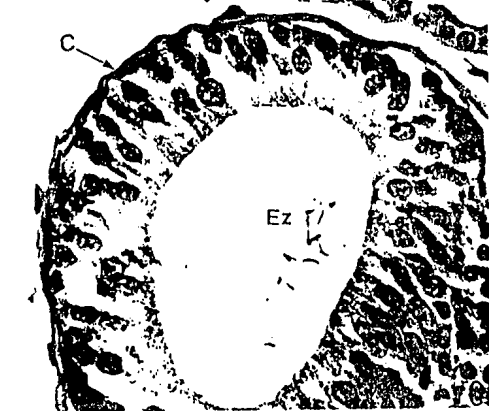


Figura 5

Aspectos histológicos del testículo, epidídimo y conducto deferente de *T. lineata* durante otoño.

Fig. 5A. Túbulos seminíferos (Estadio 3). Reducción de la altura del epitelio seminífero (ep), se observa rodeando a los túbulos gran cantidad de tejido intersticial (TI). (Tricrómica de Gallegos), 200X.

Fig. 5B. Detalle de la fig. 5A. En la base del túbulo se observan sólo espermatogonias (Eg) y algunos espermatoцитos primarios (E1). Hacia la luz de los túbulos se observan restos de degeneración celular y muy pocos espermatozoides (Ez). (Tricrómica de Gallegos), 500X.

Fig. 5C. Epidídimo. Conducto epididimario (C), se observa un epitelio cilíndrico con pocos espermatozoides (Ez). (PAS), 500X.

Fig. 5D. Único conductillo epididimario (c) con espermatozoides (Ez), se trata tal vez de una etapa de transición entre un conductillo epididimario y un conducto epididimario. (PAS), 500X.

Fig. 5E. Conducto deferente (CD), no se observan espermatozoides. (H-E), 500X.

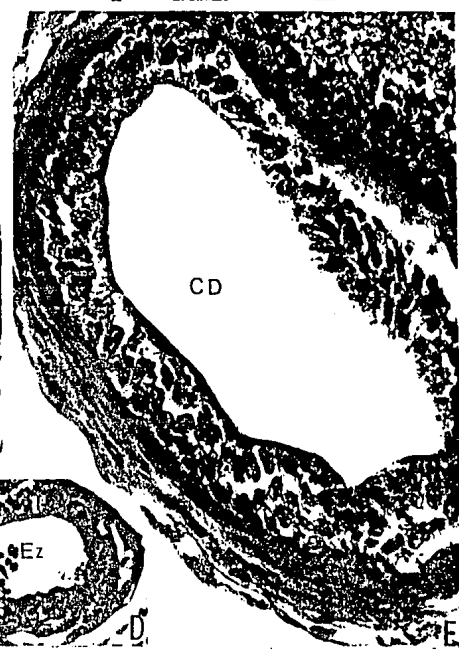
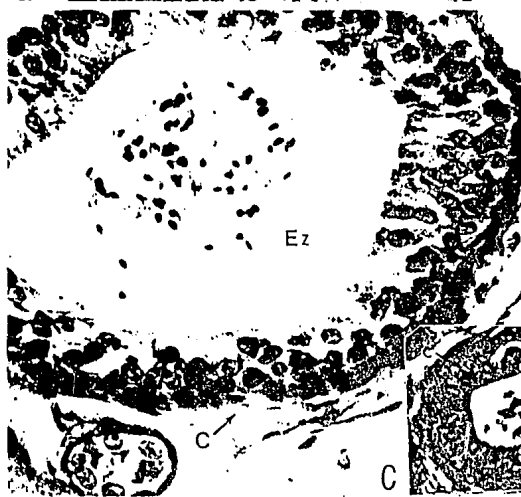
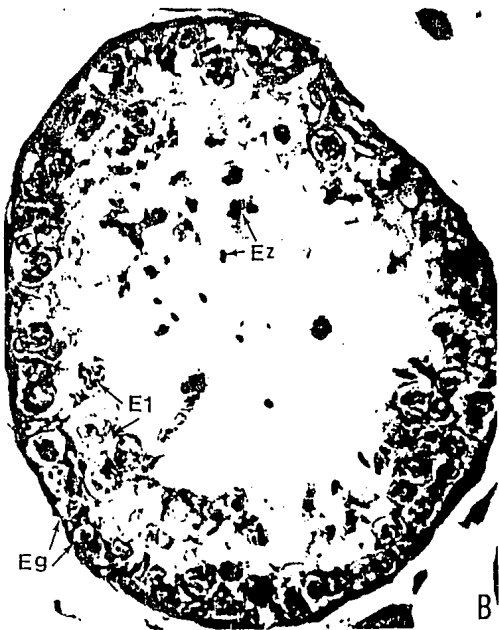


Figura 6

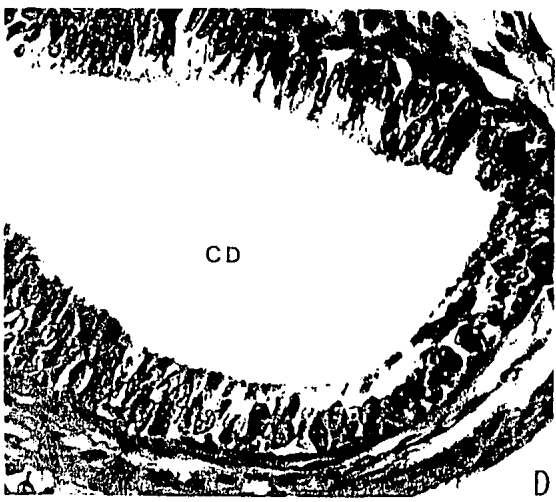
Aspectos histológicos del testículo, epidídimo y conducto deferente de *T. lineata* durante invierno.

Fig. 6A. Túbulo seminífero (Estadio 4). Inicio de la recrudescencia testicular, se comienza a recuperar la altura del epitelio seminífero (ep), se observa la luz del túbulo (L) y el tejido intersticial (TI). (Azul de alciano), 200X.

Fig. 6B. Detalle de túbulo seminífero (Estadio 5). Se registra un aumento en la cantidad de espermatoцитos primarios (E1) y espermátidas (Et), escaso proceso de espermiogénesis. (Azul de alciano), 500X

Fig. 6C. Epidídimo. Conductos epididimarios (C) vacíos y conductillos epididimarios (c). (H-E), 500X

Fig. 6D. Conducto deferente (CD) vacío. (H-E), 500X.



DISCUSIÓN

La serpiente *Toluca lineata* muestra características similares a las descritas para otras especies de reptiles, a nivel histológico de testículo y de los aspectos morfológicos celulares del epitelio seminífero.

Las células que forman parte del epitelio seminífero tienen tamaños promedio semejantes a los descritos para otras especies de reptiles como *Sceloporus torquatus torquatus* (De Jesús, 1991) y *Ctenosaura pectinata* (Raygoza, 1984).

Con respecto a los datos registrados para el diámetro de los túbulos y la altura del epitelio seminífero se observó que coinciden con el rango mencionado para otras serpientes y lagartijas (Goldberg y Lowe, 1966; Cheng y Lin, 1977; Krohmer y Aldridge, 1985).

Las observaciones realizadas en testículo y conductos reproductores (epidídimo y conducto deferente) de *T. lineata* en las cuatro estaciones del año, revelan una actividad cíclica evidente. Se observan diferentes estadios que llevan desde una acelerada actividad espermatogénica y espermiogénica, hasta estadios de regresión testicular. Esto coincide con lo mencionado por diferentes autores acerca de la prevalencia de una actividad reproductora cíclica estacional para reptiles de zonas templadas, que depende en gran medida, de cambios de tipo ambiental (Whittier y Crews, 1970; Fitch, 1970; Aldridge, 1975; Guillette y Casas, 1980; Weil y Aldridge, 1981; Duvall, et al., 1982; Marion, 1982; Licht, 1984; Lamming, 1984; Vial y Stewart, 1985; Callard, 1987; Guillette, 1993).

Al respecto Whittier y Crews (1987) consideran que son la temperatura y el fotoperíodo los factores más importantes que ejercen influencia sobre los ciclos reproductores. Para *T.*

lineata, sugerimos que el descenso de la temperatura que ocurre hacia finales de otoño e inicios de invierno puede estimular la recrudescencia testicular, lo cual coincide con lo observado en algunas lagartijas de regiones subtropicales (Saint Girons y Duguy, 1970) y en la lagartija *Sceloporus mucronatus* (Villagrán- Santa Cruz, en prensa), en la que se observó un largo período de recrudescencia testicular que va de enero a julio. Sin embargo, a diferencia de nuestros resultados, Aldridge (1975), demuestra en la serpiente *Crotalus viridis* que organismos a altas temperaturas muestran recrudescencia testicular.

Los cambios en la actividad espermatogénica, se reflejan incluso en el tamaño y peso testicular. En algunas especies de lagartijas como *Uta stansburiana*, *Japalura swinhonis formosensis*, *Taky dramus septentrionalis*, *Hemidactylus frenatus* y *Sceloporus gramicus microlepidotus* los valores más altos para estas dos características se registraron en la estación con mayor actividad espermatogénica (Asplund y Lowe, 1964; Cheng y Lin, 1977; Guillette y Casas, 1980), lo cual coincide con los valores observados en *T. lineata* en la que se registró el mayor tamaño testicular durante la primavera y el menor durante el otoño. Esto se encuentra apoyado con las observaciones histológicas a nivel de testículo, que demuestran que el peso testicular está relacionado con una mayor producción de gametas masculinas (Asplund y Lowe, 1964; Goldberg y Lowe, 1966; Méndez- de la Cruz, 1988). En el caso específico de *T. lineata* fue también durante la primavera cuando se registró el máximo valor, tanto para el diámetro de los túbulos, como para la altura del epitelio seminífero, observándose además, una actividad espermiogénica avanzada, que continuó en verano. En otoño, por el contrario, se registraron los valores mínimos. De esta forma, se comprueba que el cambio en el diámetro de los túbulos seminíferos depende de la actividad espermatogénica del testículo y que los cambios estacionales en la altura del epitelio seminífero se encuentran relacionados con estos (Goldberg y Lowe, 1966; Mayhew y Wright, 1970; Cheng y Lin, 1977; Khromer y Aldridge, 1985; Estrada *et al.*, 1990).

Los resultados muestran que los machos de *T. lineata* poseen un ciclo reproductor de tipo estacional, con actividad espermatogénica y espermiogénica elevada en primavera y principios de verano (marzo-junio), la cual decrece paulatinamente hacia fines de esta estación para observar, en otoño, regresión testicular (septiembre-noviembre). En el invierno (diciembre-febrero), se registra el comienzo de la recrudescencia. El ciclo testicular

observado coincide con lo sugerido por Whittier y Crews (1987), y por Saint Girons (1982), quienes hacen referencia a una actividad gonadal centrada en primavera-verano, para reptiles de zonas templadas. Cabe mencionar que Saint Girons incluye trabajos sobre dos especies de la familia Colubridae, *Coluber hippocrepis* y *Malpolon monspessulanus*.

De trabajos realizados en lagartijas, se identificaron algunos ciclos reproductores que coinciden, en términos generales al observado en *T. lineata*, entre ellos se pueden mencionar los realizados por Francis y Barbour (1968) con *Hemidactylus turcicus*, una especie de gecko, por Hahn (1964), para la lagartija *Uta stansburiana* y por Goldberg y Lowe (1966) en *Cnemidophorus tigris*, en la que se describió una talla gonadal mínima en septiembre-octubre (otoño) y recrudescencia testicular en invierno. La altura del epitelio y el diámetro de los túbulos se incrementa gradualmente hasta alcanzar su máximo en junio, que se continúa con una rápida regresión que se observa a partir de agosto.

Por otro lado, se debe aclarar que a pesar de que la actividad espermiogénica de *T. lineata* continúa durante el verano, se observa una disminución en la altura del epitelio seminífero, así como en la presencia de espermatoцитos primarios y espermátidas, lo que podría considerarse como una regresión testicular temprana. Estos resultados coinciden con lo observado por Marion (1976), quien describe regresión testicular a temperaturas cálidas en la lagartija *Sceloporus undulatus* y por Goldberg y Parker (1975), para dos especies de la familia Colubridae, *Masticophis taeniatus* y *Pituophis melanoleucus*.

Con base en las observaciones a nivel histológico del epitelio seminífero se han logrado identificar diferentes estadios. Comparando los ocho estadios del ciclo reproductor de las tres especies de lagartijas del género *Uma* descritos por Mayhew y Wright (1970), con el ciclo del epitelio seminífero de *T. lineata* sólo se identificaron los estadios 3, 4, 5, 6 y 7, y de los siete estadios propuestos por Marion (1982), para la lagartija *Sceloporus undulatus* sólo se identificaron los estadios 1, 3, 4, 6 y 7. En ambos casos, se aclara que algunos de los estadios se observaron al mismo tiempo en un sólo testículo pero en túbulos seminíferos distintos. Si se toma en cuenta que para el presente trabajo se realizaron colectas estacionales, y no mensuales, es posible suponer que la ausencia de determinados estadios, se deba a la falta de mayor número de organismos que ayuden a integrar el ciclo del epitelio. Es importante recordar además, que a nivel individual no todos los organismos se encuentran

en la misma etapa, aunque a nivel poblacional se identifique un patrón reproductor específico (Whittier y Crews, 1987). Es posible, que la ausencia de ciertos estadios se deba, por otro lado, a variaciones entre los ciclos reproductores de diferentes especies de reptiles. Mayhew y Wright (1970), describen en tres especies del género *Uma* regresión testicular con ausencia total de luz en los túbulos seminíferos, característica que no se observó para los ejemplares de *T. lineata*, lo cual coincide con las observaciones de Goldberg y Parker (1975) para dos especies de serpientes, *Masticophis taeniatus* y *Pituophis melanoleucus*, en donde clasifica su ciclo reproductor en seis estadios, cinco de los cuales se observaron en *T. lineata*. En este caso, el proceso de regresión testicular es semejante en las tres especies, es decir, se observa una disminución del epitelio seminífero, en el que se identifican solamente espermatogonias, algunos espermatoцитos primarios y núcleos de células de Sertoli, sin embargo no se observa ausencia de luz en los túbulos seminíferos.

Con respecto al epidídimo de *T. lineata* se localizaron con claridad los tres tipos de conductos que lo componen: conductillos eferentes, conductillos epididimarios y conductos epididimarios, lo cual fué descrito para diversas especies como las serpientes *Anolis carolinensis* (Fox, 1958), *Crotalus viridis* y *Arizona elegans* (Aldridge, 1979) y para la iguana *Ctenosaura pectinata* (Raygoza, 1984).

Las características histológicas generales de estos conductos coinciden con las descritas para otras especies de reptiles.

De los tres tipos de conductos que integran el epidídimo de *T. lineata* los conductillos eferentes se localizaron en pocos ejemplares y no se observaron cambios morfológicos evidentes y se encontraron completamente vacíos. Aldridge (1979), describe para *C. viridis* y *A. elegans* la presencia de espermatozoides almacenados en estos conductos durante el invierno y la primavera.

En los conductillos epididimarios, se observó un cambio estacional relacionado, al igual que en el epitelio seminífero, con la época de mayor o menor actividad espermatogénica, en este caso, la altura del epitelio también se relacionó con la misma condición. En términos generales, para este tipo de conductos no se ha descrito la presencia de espermatozoides, sin embargo existen algunos autores como Aldridge (1979), Raygoza (1984) y De Jesús (1991), que observaron gametas masculinas en los conductillos epididimarios, quienes

además hacen referencia a las características especiales en los espermatozoides localizados, lo cual coincide con lo observado en uno de los ejemplares correspondiente a otoño de *T. lineata*, en donde se identificaron características similares.

Con respecto a los conductos epididimarios, se observó nuevamente una clara relación entre la época de mayor actividad espermatogénica y el diámetro de dichos conductos, lo cual ha sido informado ya por algunos autores para algunas especies de lagartijas como *Uta stansburiana stejnegeri* (Hahn, 1964), *Leiopisma rhomboidalis* (Wilhoft, 1963), y tres especies del género *Uma* (Mayhew y Wright, 1970). Con respecto a la altura del epitelio se observó cierta estacionalidad, sin embargo, esta no corresponde con la temporada de mayor actividad espermatogénica lo cual puede deberse al reducido número de datos registrados para evaluar dicha condición. Por otro lado, se observó una clara estacionalidad con respecto a la presencia o ausencia de espermatozoides a lo largo de todo el año.

Cabe aclarar, que en la mayoría de los casos, autores como Wilhoft (1963), Hahn (1964), Goldberg y Lowe (1966), y Goldberg y Parker (1975), hacen referencia a la altura del epitelio de estos conductos, más no al diámetro de ellos, con excepción de Cheng y Lin (1977) quienes hacen un estudio detallado del diámetro de estos conductos en tres especies de lagartijas, aunque no encuentran patrones cíclicos claros.

Con respecto al conducto deferente, los datos observados en *T. lineata* coinciden con los descritos para diversas especies de reptiles, entre las que encontramos a dos especies de serpientes *Masticophis taeniatus* y *Pituophis melanoleucus* (Goldberg y Parker, 1975), en todos los casos, se hace referencia a la presencia de abundantes espermatozoides en la época de mayor actividad reproductora, sin embargo, es conveniente mencionar que, en nuestro caso, fué posible observar la presencia de espermatozoides no sólo en primavera y verano, sino aún en otoño.

Los estudios referentes a las condiciones histológicas del conducto deferente en un ciclo reproductor son pocos, entre ellos se puede mencionar el realizado por Goldberg y Parker (1975), quienes no encuentran una evidente variación estacional en dos especies de serpientes de la familia Colubridae (mencionadas anteriormente), o bien el realizado por Fox (1958), para la lagartija *Anolis carolinensis* quien menciona que la fluctuación anual en el diámetro de los conductos indica la etapa del ciclo reproductor en que se encuentra el

organismo, y hace referencia también a la estacionalidad observada con respecto a la altura del epitelio en relación a la época de mayor actividad testicular. Los datos obtenidos para *T. lineata* con respecto al diámetro en conducto deferente, se contradicen con lo propuesto por Fox (1958), sin embargo, apoyan lo propuesto por él en los cambios estacionales de la altura del epitelio del conducto.

Con base en las propuestas de Saint Girons (1963), Licht (1984) y Callard (1987), el patrón observado en los machos de *T. lineata* se adapta a las características de un patrón cíclico prenupcial, en el cual, el proceso de espermatogénesis se lleva a cabo justo antes de la temporada de cópula. Esto se encuentra apoyado con las observaciones en conjunto del ciclo del epitelio seminífero y con las observaciones de epidídimo y conducto deferente.

En este caso, la época de mayor actividad espermatogénica y espermiogénica fué primavera-verano, si se toma en cuenta que en ese momento la característica prevalente en epidídimo y conducto deferente es la abundancia de espermatozoides, entonces se puede suponer que son organismos que encuentran próximos a la expulsión de éstos. Las características observadas en las siguientes estaciones reafirman lo anterior, ya que se registró paulatinamente la disminución del número de células germinales, así como de espermatozoides presentes en los conductos genitales.

Las observaciones realizadas por González (1993), para la hembra de *T. lineata* indican la presencia de un proceso previtelogénico desde junio hasta noviembre (verano-otoño), época en la cual se registró la presencia de espermatozoides en todos los niveles del oviducto, aclarando que en verano fue cuando se localizaron con abundancia en la luz, mientras que en otoño se encontraron ya alojados en glándulas presentes en el útero. Tomando en cuenta estos resultados y los observados para el macho de la misma especie sugerimos un posible período de cópula durante la temporada primavera-verano. Esto coincide con lo propuesto por Saint Girons (1982), Whittier y Crews (1987) y Licht (1984), para reptiles de zonas templadas, quien además afirma que en las lagartijas este tipo de patrón reproductor es común y que las serpientes pueden presentar tanto un patrón prenupcial como postnupcial. Por otro lado, Saint Girons (1966), afirma que la mayoría de las serpientes que habitan zonas templadas exhiben espermatogénesis de tipo postnupcial. Sólo algunas serpientes como *Vipera berus*, *V. ammodytes* y *V. ursini* presentan un patrón reproductor de tipo prenupcial.

Con base en esto proponemos un patrón reproductor cíclico estacional asincrónico, en el cual la hembra tiene la necesidad de almacenar el esperma hasta el momento en el cual se observaron folículos en vitelogénesis y algunos ya maduros (diciembre-febrero), comportamiento que ya ha sido observado para algunas especies como *Sceloporus gramicus* (Villagrán, *et al.*, 1992).

González (1993), propone para la especie en estudio un período aproximado de gestación que va de 5 a 6 meses, y observa a hembras en esta condición avanzada hacia fines de primavera y principios de verano. Si se toma en cuenta que es probable que la fertilización se presente durante los meses de invierno (vitelogénesis) se espera que el nacimiento de las crías se lleve a cabo durante la época más apropiada. Así, los patrones de reproducción cíclicos representan, como se mencionó con anterioridad, una forma ventajosa de elevar las probabilidades de sobrevivencia de las crías.

Se propone, con el fin de apoyar y completar esta investigación la colecta de ejemplares de forma mensual. Por otro lado, sería conveniente realizar estudios histológicos que evidencien la función endócrina de algunos tipos celulares involucrados en el proceso de espermatogénesis y que complementen estas observaciones, como es el caso específico de las células de Sertoli y las células de Leydig, así como la relación de éstas con el diámetro y la altura del epitelio tanto en túbulo como en conductos reproductores a nivel estacional.

CONCLUSIONES

- En el proceso espermatogénico de *T. lineata* se lograron identificar tres etapas principales: 1) Un período de multiplicación de espermatogonias, 2) un período de división de espermatoцитos primarios y 3) un proceso de espermiogénesis.
- En el ciclo del epitelio seminífero de *T. lineata* se identificaron cinco estadios: 1) máximo grado de espermiogénesis, 2) disminución de espermatoцитos primarios y células en espermiogénesis, 3) un período de regresión testicular, 4) un período de recrudescencia testicular y 5) espermiogénesis temprana.
- Las observaciones a nivel histológico demuestran que la actividad tanto de epidídimo como de conducto deferente dependen de la actividad espermatogénica del testículo.
- *T. lineata* presenta un ciclo reproductor estacional característico de los reptiles de zonas templadas, en dónde se identifican tres etapas distintas: 1) un período copulatorio, 2) un período de regresión testicular y 3) un período de recrudescencia testicular.
- La época de mayor actividad espermiogénica se presenta durante primavera y principios de verano.
- La época de regresión testicular se observa durante finales de verano y otoño.
- Se propone que la cópula sucede durante primavera-verano.
- El patrón reproductor que se observa en el macho de *T. lineata* es de tipo prenupcial.
- Se propone que el patrón reproductor que se observa en el macho y la hembra de *T. lineata* es asincrónico.

que el tamaño de los túbulos epididímicos disminuye en la época de reproducción. En consecuencia, el tamaño del epidídimo también disminuye en la época de reproducción. Este fenómeno ha sido observado en otras especies de serpientes vivíparas, como *Liasis fuscus* (Dunn, 1953) y *Amphisbaena* (Muller, 1954). En *Liasis fuscus*, el tamaño del epidídimo disminuye en la época de reproducción, lo que se atribuye a la migración de los túbulos epididímicos hacia el conducto deferente.

El tamaño del conducto deferente también disminuye en la época de reproducción. Este fenómeno ha sido observado en otras especies de serpientes vivíparas, como *Liasis fuscus* (Dunn, 1953) y *Amphisbaena* (Muller, 1954). En *Liasis fuscus*, el tamaño del conducto deferente disminuye en la época de reproducción, lo que se atribuye a la migración de los túbulos epididímicos hacia el conducto deferente.

En conclusión, el tamaño del testículo, epidídimo y conducto deferente disminuye en la época de reproducción en la serpiente vivípara *Toluca lineata*. Este fenómeno se atribuye a la migración de los túbulos epididímicos hacia el conducto deferente.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldridge, R. D. 1975. Environmental control of spermatogenesis in rattle- snake *Crotalus viridis*. Copeia, 3: 493-496.
- Aldridge, D. R. 1979. Seasonal spermatogenesis in Sympatric *Crotalus viridis* and *Arizona elegans* in New Mexico. J. of Herp. 13(2): 187-192.
- Aldridge, R. D., Greenhaw, J. J., and M. V. Plummer. 1990. The male reproductive cycle of the rough green snake (*Ophedrys aestivus*). Amphibia-Reptilia, 11: 165-172.
- Aldridge, R. D. and R. D. Selmitsch. 1992. Male reproductive biology of the southeastern crowned snake (*Tantilla coronata*). Amphibia-Reptilia, 13: 220-225.
- Ballinger, R. E. 1977. Reproductive strategies: food availability as source of proximal variation in a lizard. Ecology, 58: 628- 635.
- Bartholomew, G. A. Jr. 1953. The modification by temperature of the photoperiodic control of gonadal development in the lizard *Xantusia vigilis*. Copeia, 45-50.
- Callard, I. P., Bayne, C. G. and W. F. Mc. Conell. 1972. Hormones and reproduction in the female lizard *Sceloporus cyanogenys*. Gen. Com. Endocrinol. 18: 175-194,

- Callard, I. P. and S. M. Ho. 1980. Seasonal reproductive cycles in reptiles. Prog. Reprod. Biol. 5: 5-38.
- Callard, P.I. and S. M. Kleis. 1987. Reproduction in reptiles. In: Fundamental of comparative vertebrate endocrinology (Chester-Jones, I., P. M. Ingleton and J. G. Phillips, eds.). Plenum Press, New York, pp. 187-205.
- Casas, A. G. y G. Valenzuela. 1984. Observaciones sobre los ciclos reproductivos de *Ctenosaura pectinata* e *Iguana iguana* (Reptilia: Iguanidae) en Chamela, Jalisco. An. Inst. Biol. Uni. Nat. Aut. Méx. 55, Ser. Zoología. (2): 253-262.
- Cheng, H. Y. and J. I. Lin. 1977. Comparative reproductive biology of the lizards *Japalura swinhonis*, *Takydromus septentrionalis* and *Hemidactylus frenatus* in Taiwan. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica. 16(2): 107-120.
- De Jesús, H. A. 1991. Cambios histológicos del testículo, y epidídimo de la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus torquatus* durante el ciclo anual. Tesis profesional. UNAM. Ciencias.
- Dereckson, W. K. 1976. Ecological and physiological aspects of reproductive strategies in two lizards. Ecology. 47: 445-458.
- Duvall, D.; Guillette, L. Jr.; and R. E., Jones. 1982. Environmental control of reptilian reproductive cycles. In: Biology of the reptilia Vol. 13. (Gans, C. eds.) Univ. of Michigan, USA. Academic Press, New York, USA. pp. 201-231.
- Estrada F.E., Villagrán, S.M., Méndez de la Cruz, F. R. y G. Casas. 1990. Gonadal changes throughout the reproductive cycle of the viviparous lizard *Sceloporus muconatus* (Sauria: Iguanidae). Herpetologica. 46(1): 43-50.
- Fitch, H. S. 1980. Reproductive strategies of reptiles. In: Reproductive Biology and diseases of captive reptiles. (Murphy, J. B. and J. T. Collins, eds). Society for the study of amphibians and reptiles. pp. 25-31.
- Fox, W. 1958. Sexual cycle of the male lizard, *Anolis carolinensis*. Copeia. 1: 22-29.

- Fox, H. 1977. The urogenital system of reptiles. In: Biology of the Reptilia. (Gans, C. and T. S. Parson, eds.). Academic Press, London. 6: 1-157.
- Rose, L. F. and C. D. Barbour. 1968. Ecology and reproductive cycles of the introduced gecko *Hemidactylus turcicus*, in the southern United States. The American Midland Naturalist.
- González, P. G. 1993. Morfología comparada del aparato reproductor femenino de la serpiente vivípara *Toluca lineata* (Serpentes: Colubridae) en etapas gestante y no gestante. Tesis profesional. Univ. Nat. Aut. Méx. pp. 1-23.
- Goldberg, S. R. 1971. Reproductive cycle of the ovoviviparous iguanid lizard *Sceloporus jarrovi* cope. Herpetológica. 27: 123-131.
- Goldberg, S. R. and Ch. H. Lowe. 1966. The reproductive cycle of the western whiptail lizard (*Cnemidophorus tigris*) in southern Arizona. J. Morph. 118: 543-548.
- Goldberg, S. R. and W. S. Parker. 1957. Seasonal testicular histology of the colubrid snakes *Masticophis taeniatus* and *Pituophis melanoleucus*. Herpetologica. 31 (3): 317-322.
- Greer, A. E. 1966. Viviparity and oviparity in the snake genera *Conopsis*, *Toluca*, *Gyalopion* y *Ficimia*, with comments of *Tomodon* and *Helicops*. Copeia. 21: 371-373.
- Guillette, L. J. Jr. and D. A. Bearce. 1986. The reproductive and fat body cycles of the lizard *Sceloporus grammicus disparilis*. Transactions of Academic of Science. 89(1-2): 31-39.
- Guillette, L. J. Jr. and G. Casas-Andrew. 1980. Fall reproductive activity in the high altitude Mexican lizard, *Sceloporus grammicus microlepidotus*. J. Herp. 14(2):143-147.
- Guillette, L. J. Jr., Jones, R. E., Fitzgerald, K. T. and H. M. Smith. 1980. Evolution of viviparity in the lizard genus *Sceloporus*. Herpetológica. 36: 201-215.
- Guillette, L. J. Jr. and F. Méndez de la Cruz. 1993. The reproductive cycle of the viviparous Mexican lizard *Sceloporus torquatus*. J. Herp. 27(2):168-174.

- Guillette, L. J. Jr. and W. P. Sullivan. 1985. The reproductive and fat body cycles of the lizard *Sceloporus formosus*. *J. Herp.* 19: 474-480.
- Hahn, W. 1964. Seasonal changes in testicular and epididymal histology and spermatogenic rate in and the lizard *Uta stansburiana stejnegeri*. *J. Morph.* 115: 447-460.
- Kenneth, K. and Ch. H. Lowe. 1964. Reproductive cycles of the iguanids lizards *Urosaurus ornatus* and *Uta stansburiana* in Southeastern Arizona. *J. Morph.* 115: 27-34.
- Krohmer, R. W. and R. D. Aldridge. 1985. Male reproductive cycle of the lined snake (*Tropidoclonion lineatum*). *Herpetologica*. 41 (1): 33-38.
- Licht, P. 1984. Reptiles. In: Marshall's physiology of reproduction Vol. 1: Reproductive cycles of vertebrates. (Lamming, G. E., eds.) Churchill Livingstone, New York. pp. 207-273.
- Lofts, B. 1977. Patterns of spermatogenesis and steroidogenesis in male reptiles In: Reproduction and evolution. Proc. 4th. Int. Symp. on Comparative Biology of Reproduction, pp. 127-136.
- Marion, R. 1982. Reproductive cues for gonadal development in temperate reptiles: Temperature and Photoperiod effects on the testicular cycle of the lizard *Sceloporus undulatus*. *Herpetologica*. 38(1): 26-39.
- Mayhew, W. W. and S. J. Wright. 1970. Seasonal changes in testicular histology of three species of the Lizard genus *Uma*. *J. Morph.*, 130: 163-363.
- Méndez de la Cruz, R. F., Guillette, J. L. Jr., Villagrán, S. M., and G. A. Casas. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard, *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). *J. of Herp.* 22(1): 1-12.
- Miller, M. R. 1948. The seasonal histological changes occurring in the ovary, corpus luteum and testis of viviparous lizard *Xantusia vigilis*. *Univ. Calif. Publ. Zool.* 47:197-224.

- Moll, E. O. 1979. Reproductive cycles and adaptations. In: Turtles. (Harless, L. and H. Morlock, eds.). John Wiley and Sons, New York. pp. 305-331.
- Raygoza, H. C. 1984. Estudios histológicos de epidídimo de la iguana mexicana *C. pectinata*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Saint Girons, H. 1963. Spermatogenese et évolution cyclique des caractères sexuels secondaries chez les squamata. Ann. Sci. Nat. Zool. Biol. Anim. 12th. ser. 5: 461-476.
- Saint Girons. 1982. Reproductive cycles of male snakes and their relationship with climate and female reproductive cycles. Herpetológica. 38(1): 5-16.
- Saint-Girons, H. 1985. Comparative data on Lepidosaurian reproduction and some time tables. In: Biology of the reptilia. Vol. 15. (Gans, C. eds).
- Taylor, E. H. and H. M. Smith. 1942. The snake genera *Cnopsis* and *Toluca*. The University of Kansas. Sci. Bull. Vol. XXVIII. 13:325-363.
- Van, Tienhoven, A. 1983. Reproductive Physiology of Vertebrates. Cornell University. Press. pp. 495.
- Vial, L. J. and J. R. Stewart. 1985. The reproductive cycle of *Varisia monticola*: A unique variation among viviparous lizards. Herpetologica. 41(1): 51-57.
- Villagrán, S. M., Méndez- de la Cruz, F. R. y L. Parra. Ciclo espermatogénico del lacertilio *Sceloporus mucronatus* (Reptilia: Phrynosomatidae). (en prensa).
- Vitt, L. J. and S. R. Goldberg. 1983. Reproductive ecology of two tropical iguanid lizards: *Tropidurus torcuatus* and *Platynotus semitaeniatus*. Copeia. 1: 131-141.
- Weil, M. R. and Aldridge, R. D. 1979. The effect of temperature on the male reproductive system of the common water snake (*Nerodia sipedon*). J. exp. Zool. 210: 327-332.

- Weil, M. R. and R. D. Aldridge. 1981. Seasonal androgenesis in the male water snake *Nerodia sipedon*. Gen. Com. Endocrinol. 44: 44-53.
- Whittier, J. M. and D. Crews. 1987. Seasonal reproduction: Patterns and Control. In: Hormones and reproduction in fishes, amphibians and reptiles. (Norris, O. D. and R. E. Jones, eds.). Univ. of Colorado. Plenum. Press. New York and London. pp. 385-409.
- Wilhoft, C. D. 1963. Gonadal histology and seasonal changes in the tropical australian lizard, *Leiopisma rhomboidalis*. J. Morph. 113: 185-204.