



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**“CAMBIOS DE LAS CELULAS DE LEYDIG Y
DEL EPIDIDIMO EN EL LACERTILIO
Sceloporus mucronatus DURANTE UN CICLO
ANUAL”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G A

PRESENTA:

MA. JUANA HERNANDEZ AGUACALIENTE



DIRECTORA DE TESIS: **DRA. MARICELA VILLAGRAN SANTA CRUZ**

2005



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

m341085



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Cambios de las células de Leydig y del epidídimo en el lacertilio
Sceloporus mucronatus durante un ciclo anual"

realizado por Ma. Juana Hernández Aguacaliente

con número de cuenta 09059889-8 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dra. Maricela Villagrán Santa Cruz

Propietario

Dra. Patricia Rivas Manzano

Propietario

M. en C. Claudia Karina Torres Villaseñor

Suplente

Dr. Manuel Miranda Anaya

Suplente

Biol. Adriana García Alarcón

Consejo Departamental de Biología FACULTAD DE CIENCIAS

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

Todos somos fugaces, todos nos iremos. Por eso debemos amarnos, por eso debemos trabajar, por eso debemos cosechar, respetar y conservar las cosas de la vida.

Poesía Náhuatl.

Dedicatorias

Dedico esta tesis a Dios. Por amarme incondicionalmente, por darme la vida, más de una vez..., por la capacidad que me da, en todos los sentidos. Por darle a mis pies nuevamente el andar, a mis manos el hacer y a mi corazón el amar.

A mi: con profundo amor y respeto.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis: Doctora Maricela Villagrán Santa Cruz, quién es para mi mucho más que mi asesora, una gran amiga con una enorme calidad humana, gracias por su apoyo total, para la realización de esta tesis. A la querida doctora Cristina Cramer Helmkes, por todo lo maravilloso que me ha enseñado.

A mis padres:

Clara Aguacaliente Molina
Fidel Hernández Ramírez

A mis hermanos y hermanas:

Jesús Hernández Aguacaliente, Rosaura Hernández Aguacaliente, Leticia Hernández Aguacaliente, Alejandro Hernández Aguacaliente y Laura Hernández Aguacaliente.

De manera especial a: Alberto Hernández Aguacaliente y Maribel Hernández Aguacaliente, por su cariño y apoyo económico, para que mi cuerpo volviera al movimiento.

A mis amados sobrinos y sobrinas: Hermosos regalos de Dios, que nos han venido a enseñar tanto..., gracias por estar con nosotros.

Mauricio Iván Hernández Romero, Mitzi Rosaura Popóca Hernández, Oscar Eduardo Hernández Mendiola, Iván Alejandro Hernández Villegas, Carla Paulina Estrada Hernández, y Clara Valeria Gómez Hernández.

A Lucia Parrazales Bravo, y Alberto Suárez Paniagua, por el cariño y amor que siempre me han tenido., por su apoyo invaluable al proporcionarme parte de los medios técnicos, para terminar este trabajo de tesis. Agradezco también a las familias de ambos por el cariño que me brindan.

Al Maestro en ciencias Víctor Antonio Mejía Roa: por todo lo que me ha enseñado, porque siempre representara para mi, la luz que me ilumino el camino, en el umbral de la vida y la muerte, en esta aventura, fortuita y permanente que es la vida, mil gracias Vic.

A Angélica Carvajal Ramos: por su presencia en mi vida, porque me ha enseñado a ver el mundo de una manera diferente, porque a través de ella he aprendido de mi misma, gracias por todas las experiencias compartidas.

A mis queridos amigos de tantos años, Gerardo Pacheco Hernández, quien me ha apoyado siempre en los momentos difíciles, a Rocío Gómez Carrillo, Minerva Bautista Mercado, y Eva F. Gonzáles, por tantos momentos compartidos.

A mis compañeros y amigos del laboratorio de reproducción animal, cuya amistad y cariño siempre me han motivado a seguir adelante: A la doctora Patricia Rivas Manzano, a la maestra Marcela Aguilar Morales, Adriana García Alarcón, Gabino de la Rosa, Juan Manuel, a Julián, y Sergio.

A los revisores A la Doctora Patricia Rivas Manzano, M. en C. claudia Karina Torres Villaseñor, Dr. Manuel Miranda Anaya, Biol. Adriana García Alarcón.
A la M. en C. Leticia Parra Gámez por la preparación del material histológico.

De manera especial, quiero agradecer a la próximamente maestra en ciencias, Sandra Milena Guerrero Estévez, por la ayuda tan valiosa y comentarios hechos a este trabajo de tesis, agradezco mucho su tiempo, su siempre buena disposición, y su amistad.

Y a todas las personas que en menor o en mayor medida, han sido parte de mi recorrido por esta vida. Gracias.

Agradezco a la UNAM. A la Facultad de Ciencias y al laboratorio de Reproducción Animal.

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN----- | 1 |
| INTRODUCCIÓN----- | 3 |
| ANTECEDENTES----- | 5 |
| Embriología testicular y epididimaria----- | 5 |
| Morfología gonadal y epididimaria----- | 6 |
| Células de leydig----- | 10 |
| Epidídimo----- | 15 |
| Funciones del epidídimo----- | 18 |
| Biosíntesis de esteroides testiculares y epididimales----- | 18 |
| Ciclicidad testicular y epididimaria----- | 21 |
| Control de la actividad gonadal----- | 22 |
| Ciclos morfológico y hormonal----- | 26 |
| Características reproductoras generales del lacertilio <i>Sceloporus mucronatus</i> ----- | 28 |
| JUSTIFICACIÓN----- | 31 |
| OBJETIVOS----- | 32 |
| HIPÓTESIS----- | 32 |
| MATERIAL Y MÉTODO----- | 33 |
| RESULTADOS----- | 35 |
| 1. Células de Leydig----- | 35 |
| 2. Epidídimo----- | 37 |
| DISCUSIÓN----- | 40 |
| CONCLUSIONES----- | 52 |
| LITERATURA CITADA----- | 54 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

Se ha establecido por criterios histológicos y ultraestructurales que el tejido intersticial de lacertilios secreta esteroides androgénicos y estos tienen efecto estimulador en el epitelio germinal de los túbulos seminíferos del testículo y en el tracto reproductor. La presente investigación consistió en evaluar los cambios en varios parámetros morfométricos de las células de Leydig y del epidídimo, a lo largo un ciclo anual en el lacertilio *Sceloporus mucronatus* de la localidad de Tecocomulco, Hidalgo. El número, volumen celular y volumen nuclear de las células de Leydig se incrementaron paulatinamente de enero a junio y la secreción sudanofílica tuvo aspecto de gotas lipídicas. Al llegar a la máxima actividad reproductora durante la espermiogénesis de agosto a septiembre, el aumento en estos parámetros fueron, morfológica y estadísticamente significativos. Además la secreción sudanofílica cambió de grandes gotas a una apariencia fina y homogénea. El número de células descendió significativamente en octubre y el volumen celular y nuclear en noviembre y diciembre. El aspecto de la secreción se transformó de nuevo a grandes gotas lipídicas. Con respecto al epidídimo, la altura de las células epiteliales de los conductillos epididimarios presentaron cambios significativos, a lo largo del ciclo espermatogénico, lo mismo que el diámetro y altura epitelial de los conductos epididimarios; de diciembre a junio estos parámetros disminuyeron, pero a partir del mes de julio se observaron en aumento, hasta alcanzar sus máximos valores de agosto a noviembre. En general los cambios epididimarios se observaron ligeramente desfasados y posteriores a

los cambios mostrados por las células de Leydig. Estos resultados reflejan una dependencia hormonal y una estrecha relación fisiológica entre las células de Leydig, la espermatogénesis y el epidídimo.

INTRODUCCIÓN

Los reptiles presentan diversos patrones de actividad reproductora, en varias especies éstos se reflejan de manera cíclica en una clara estacionalidad y se hacen evidentes en cambios macroscópicos de las gónadas. La interpretación de la actividad reproductora por medio del examen histológico nos aporta pruebas del grado de correspondencia entre los cambios macroscópicos y la actividad gametogénica (Villagrán-Santa Cruz *et al.*, 1994).

Los testículos de los reptiles están compuestos por varios tipos de tejidos y las funciones que desempeñan son: la producción y liberación de espermatozoides y la secreción de hormonas; en correspondencia a estas funciones, la morfología de los tejidos varía a través del año de acuerdo al estado reproductor del animal. La temperatura y el fotoperíodo interactúan en el ciclo reproductor de los reptiles, el cual depende también de mecanismos endógenos. (Duvall *et al.*, 1982; vanTienhoven, 1983).

En general, los ciclos de actividad testicular están orientados estacionalmente a la crianza en el tiempo más ventajoso del año, optimizando de esta manera la supervivencia de los jóvenes (Licht, 1972b; Duvall *et al.*, 1982).

Los lacertilios del género *Sceloporus*, presentan tres patrones de desarrollo testicular con respecto al tiempo de apareamiento y modo reproductor: 1) vernal, en el que la producción de espermatozoides y maduración de espermatozoides ocurre en la primavera, antes del apareamiento y ovulación de las hembras; 2) aestival, en donde la producción de espermatozoides ocurre en el verano y/o otoño. Las especies

aestivales del género *Sceloporus* son vivíparas y copulan en el verano u otoño y pertenecen al grupo *torquatus* y *formosus*, 3) mixto el cual se caracteriza por la proliferación de espermatoцитos en otoño y maduración de esperma después de la salida de latencia como ocurre en *S. occidentales*, *S. olivaceus* y *S. undulatus* (Saint-Girons, 1982).

El lacertilio *Sceloporus mucronatus* es una especie vivípara del grupo *torquatus*, característica de regiones templadas que se distribuye a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal, de Veracruz al Estado de México. El ciclo reproductor ha sido descrito por Méndez-de la Cruz *et al.*, (1988) y Estrada *et al.*, (1990) dicha descripción fue hecha para una población de montaña a una altitud de 3300m mostrando un ciclo estacional, en donde la recrudescencia y máxima actividad testicular ocurren en primavera-verano (abril-agosto). Sin embargo, en la localidad de Tecocomulco, Hidalgo, a una altitud de 2500m sobre el nivel del mar, el ciclo reproductor es otoñal (de agosto a septiembre) (Villagrán-Santa Cruz *et al.*, 1994). Esta bien documentado, que en una misma especie también se han observado variaciones en el patrón reproductor en otras poblaciones de sceloporidos de la misma especie como en *S. undulatus*, (Tinkle y Ballinger, 1972), *S. virgatus* (Vinegar, 1975) y *S. grammicus* (Guillette y Casa-Andreu, 1980; Ortega y Barbault, 1984; Guillette y Bearce, 1986).

La principal diferencia encontrada entre dos patrones reproductores de una misma especie es el tiempo en el cual es producido el esperma. La producción de esperma y la actividad endocrina son procesos generalmente dependientes de la

temperatura y variación en el fotoperiodo y en algunos casos operan como factores sinérgicos. Además en reptiles, de manera semejante a otros vertebrados la actividad gonadal depende de hormonas gonadotrópicas. La función gonadotrópica específica en la espermatogénesis es controversial. Se ha supuesto que actúa esencialmente estimulando la producción de esteroides de las células de Leydig y de Sertoli. En reptiles las gónadas masculinas producen hormonas sexuales incluyendo andrógenos y estrógenos y los patrones hormonales en plasma sufren modificaciones características a través del ciclo sexual, afectando otros órganos del tracto reproductor como lo es el epidídimo, existiendo además una estrecha relación entre los cambios que experimentan las diferentes estructuras del tracto (Elliott, 1980).

El inicio del desarrollo testicular en diferentes meses del año implica que las especies responden de forma diferente a los cambios ambientales para la actividad gonadal. Las diferencias pueden estar relacionadas con la regulación neuroendocrina de la activación testicular de *Sceloporus*, la cual a su vez esta relacionada con las condiciones ambientales (Saint-Girons, 1985).

ANTECEDENTES

Embriología Testicular y Epididimaria

Existen numerosos estudios acerca del desarrollo embrionario del testículo de los reptiles (revisado por Fox, 1977). Durante el desarrollo temprano se forman las crestas genitales a partir del epitelio celómico a ambos lados del mesenterio

dorsal. Las crestas genitales están compuestas de dos zonas de tejido, la corteza primaria y la médula primaria. Si la gónada esta destinada a ser testículo, la corteza sufre regresión y la médula se desarrolla ampliamente. El tejido interrenal de la glándula adrenal y el riñón también se desarrollan a partir de la cresta urogenital. El mesonefros es funcional solo en la etapa de desarrollo temprano. Los túbulos mesonéfricos ramificados se transforman en estructuras epididimales. El riñón metanéfrico adulto esta formado por túbulos urinarios que drenan hacia el uréter, el cual se abre separadamente dentro de la cloaca (Elliott, 1980).

Morfología gonadal y epididimaria

La morfología testicular y epididimaria a sido descrita por numerosos autores. La siguiente descripción está basada en las revisiones de Fox, 1977; Elliott, 1980 y Méndez de la Cruz y Villagrán-Santa Cruz, 1983.

Los testículos de la mayoría de los reptiles son pareados, son estructuras que van de redondeadas a alargadas, se sitúan dentro de la cavidad abdominal, suspendidos de la pared dorsal del cuerpo por el mesorquio. Hay una tendencia a la asimetría en muchas especies, siendo uno de los testículos comúnmente el derecho, más grande y/o situado más anterior y centralmente que el otro (Fig. 1). Los testículos de los reptiles consisten de túbulos seminíferos contorneados, cada uno rodeado por una membrana basal. El testículo está cubierto por una capa de tejido conjuntivo, la túnica albugínea la cual se continúa con el mesorquio. Cada túbulo seminífero esta limitado hacia el interior por el epitelio seminífero, este

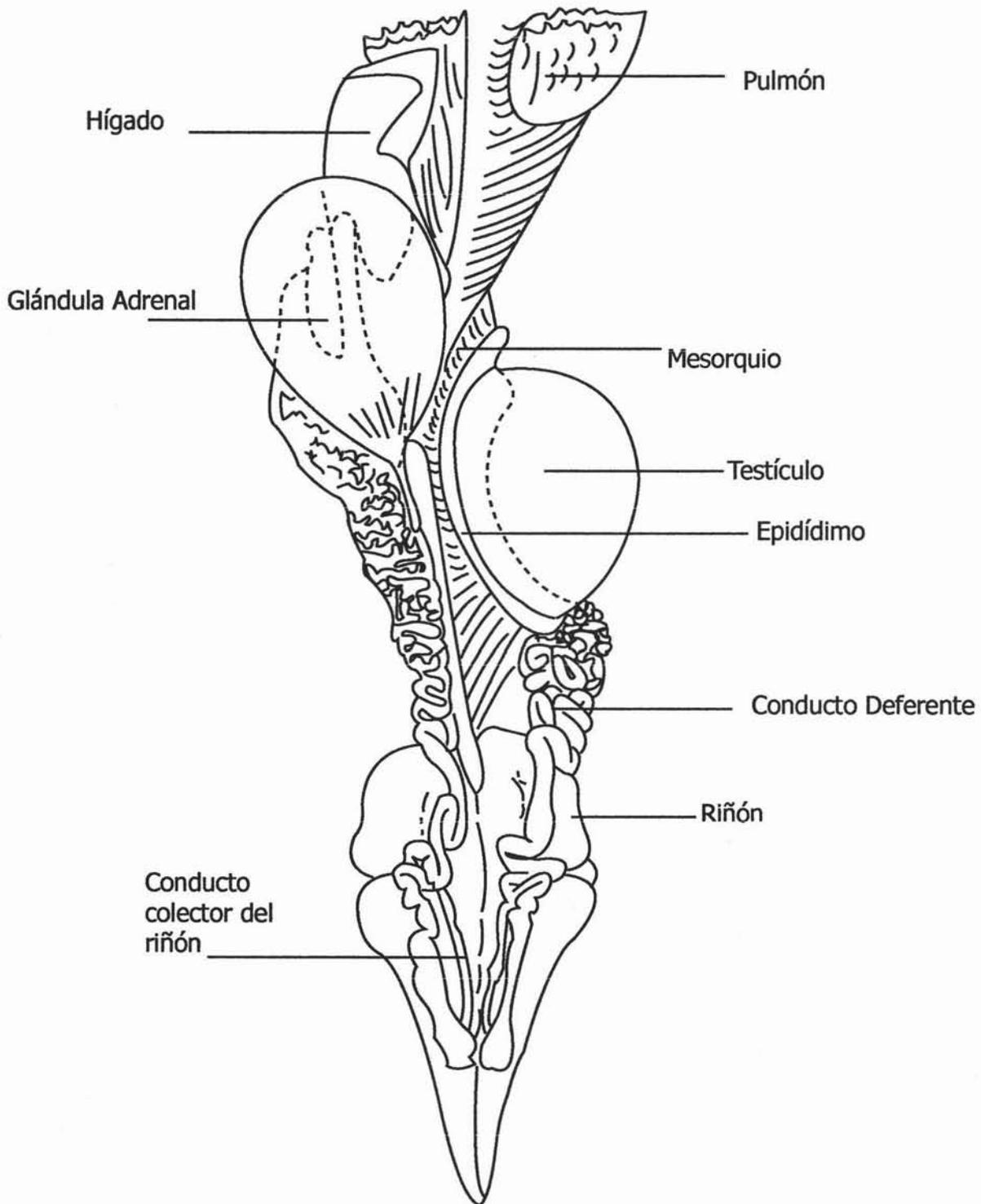


Fig.1. Sistema Urogenital de machos escamados. Redibujo de Mulaik (1946), tomado de Elliot (1980).

contiene espermatogonias y células de Sertoli. Las espermatogonias se diferencian vía el proceso de espermatogénesis para producir espermatozoides. Las células de Sertoli son de forma piramidal, su base se sitúa hacia la membrana basal de cada túbulo y el otro extremo hacia la luz del mismo. Tienen un importante papel en la protección y nutrición de los espermatozoides, crean un ambiente hormonal adecuado para que se lleve a cabo el proceso de espermatogénesis, forman la barrera hematotesticular y tienen función fagocítica, entre otras (Fig. 2).

El espacio entre los túbulos seminíferos, denominado espacio intersticial, compuesto de tejido conjuntivo, contiene pequeñas arterias y capilares, a través de los cuales los nutrientes y las hormonas de la sangre pasan hacia los túbulos a través de la membrana basal. En el espacio intersticial también se encuentran las células de Leydig o células intersticiales cuya función es sintetizar y secretar testosterona, la cual tiene un importante papel en el proceso reproductor (Fig. 2).

Los espermatozoides maduros salen de los túbulos seminíferos y entran a un órgano que está fuera del testículo, el epidídimo. El epidídimo se sitúa a lo largo de la superficie dorsal de cada testículo, estrechamente relacionado mesorquio, se alarga y se une al segmento sexual del riñón, el cual se extiende a la abertura externa, la cloaca. El epidídimo es generalmente delineado con células epiteliales columnares con núcleos basales (Fig. 2).

En reptiles, la espermatogénesis tiene lugar en los túbulos seminíferos en donde se forman varias capas del epitelio germinal. El proceso espermatogénico puede dividirse en tres períodos principales: 1) la multiplicación de

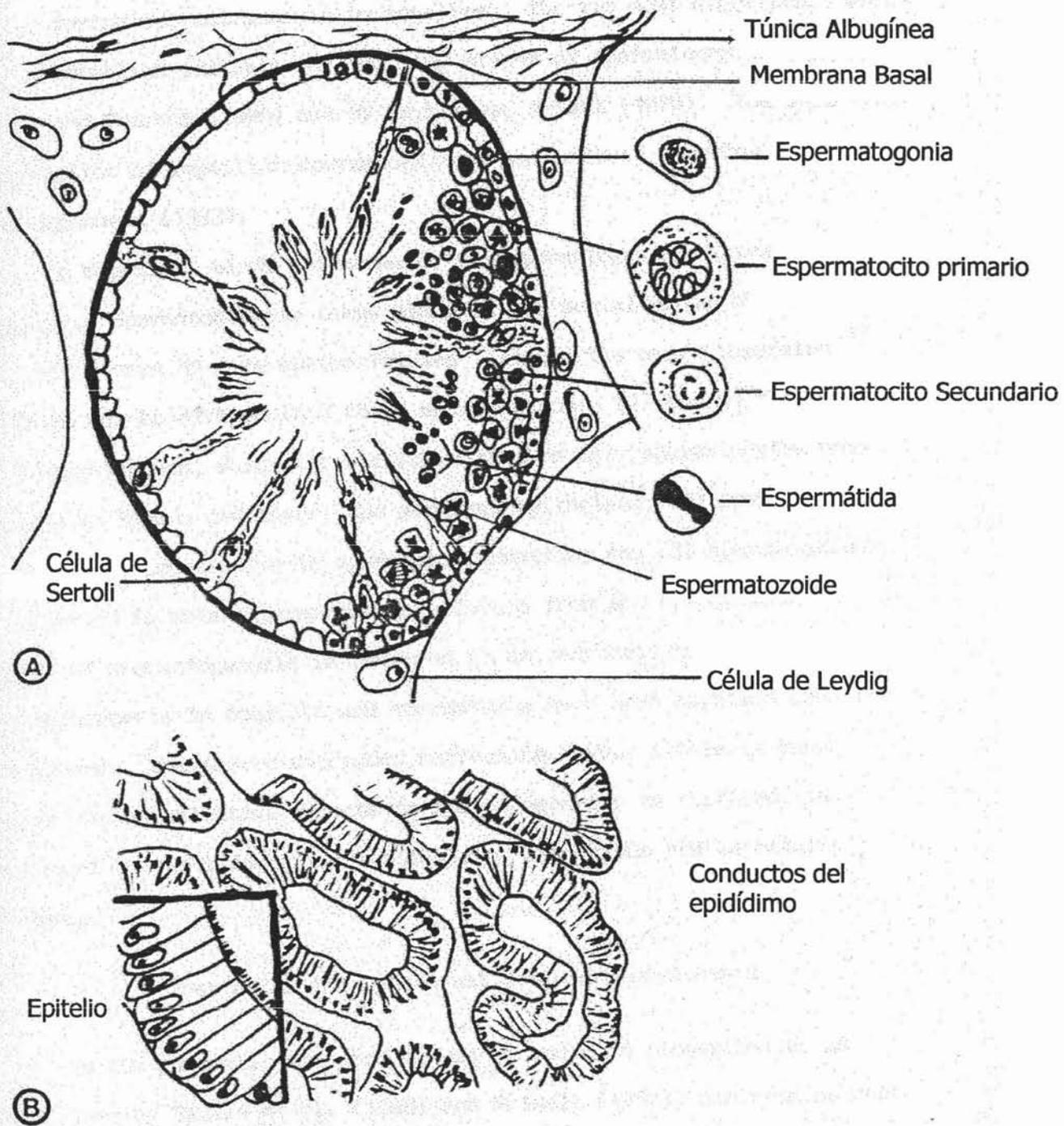


Fig. 2. Esquema de la morfología de los túbulos seminíferos (A) y del epidídimo (B) de escamados, tomado de Elliott (1980).

espermatogonias, las cuales después de la diferenciación a espermatocitos se mueven hacia el interior y forman una nueva capa del epitelio germinal, 2) división de espermatocitos, de los cuales resulta la formación de espermatidas y 3) espermiogénesis, periodo en el cual los espermatozoides son formados de las espermatidas. El inicio de la espermatogénesis es referido como recrudescencia, el proceso avanza hasta alcanzar la máxima actividad y después de que los espermatozoides son expelidos hacia el epidídimo y el testículo sufre regresión (Elliott, 1980).

Células de Leydig

Las células intersticiales o células de Leydig se sitúan entre los túbulos seminíferos en el testículo de la mayoría de los reptiles maduros, y el hecho de que se puedan apreciar o no, depende del momento del ciclo reproductor en el que se encuentren los organismos (Forbes, 1961; Lofts, 1968) (Fig. 2).

Gilbert (1988), relaciona el ciclo estacional de estas células con las características sexuales secundarias. Las células intersticiales experimentan cambios, como el incremento de su número, tamaño y concentración de lípidos, durante el proceso de espermatogénesis hasta la espermiación (Hyder, 1970). Las células de Leydig son el sitio de mayor síntesis de andrógenos del testículo, pero comparten esta actividad con las células de Sertoli (Lofts, 1987; Berica, 1995; Downing y Burns, 1995; Rasotto, 1995). Los esteroides se utilizan como un control de retroalimentación positiva y negativa sobre el hipotálamo, la hipófisis, y las

gónadas (Clarence, 1919; Palmer *et al.*, 1994). El hecho de que estas células intersticiales produzcan esteroides se asocia con el retículo endoplasmático liso (REL) y mitocondrias con crestas tubulares que son características de células esteroidogénicas (Dufaure, 1969; Banks, 1986).

En varios lacertilios las células de Leydig no son evidentes, Altland (1941) no las encontró en *Sceloporus undulatus*; sin embargo, Fox y Pearson (1968) encontraron pocas en este lacertilio. En *S. occidentalis* también son raras (Wilhoft y Quay, 1961) en *Xantusia vigilis*, ocurren en pequeñas masas pero no son reconocibles durante el desarrollo gonadal (Miller, 1948; 1963). Evans y Clapp (1940) no las mencionan en *Anolis carolinensis*, pero Fox (1958) reportó pequeños grupos de tres o cuatro células hipertrofiadas en el espacio intersticial en la misma especie. Las células de Leydig no son reconocidas en *Mabuya multifasciata* (Herberer, 1930), ni en ningún estadio del ciclo reproductor de *Uma notata*, *U. inornata* o *U. scoparia* (Mayhew y Wright, 1970).

En general, el tamaño, número y apariencia de las células intersticiales varía durante el ciclo reproductor reptiliano, lo cual puede explicarse por que estas células en algunas ocasiones no son evidentes. Su forma es poliédrica, alargada ovalada y ocasionalmente son sinciciales. Tienen un gran núcleo redondeado y citoplasma vacuolado o alveolar, el cual puede incluir gránulos de pigmento, cristaloides y vacuolas de grasa. Las células intersticiales se encuentran solas o en pequeños grupos, cerca de vasos sanguíneos, entre los túbulos seminíferos (Elliott, 1980).

Los lacertilios *Lacerta agilis*, *L. vivípara* (Reiss, 1923a) presentan una relación entre la actividad cíclica de las células intersticiales y las características sexuales secundarias. En *Phrynosoma solare* las células intersticiales son sinciciales al final de la estación de crianza pero tienen límites celulares definidos durante el período de hibernación. El volumen celular es grande cuando se alcanza la máxima actividad testicular, pero mínimo cuando los espermatozoides son producidos (Blount, 1929). Las células intersticiales de *Hemidactylus* son más numerosas en agosto cuando los testículos están en descanso y los túbulos seminíferos reducidos (Dutta, 1944). En *Uromastyx* las células intersticiales son hipertrofiadas en octubre y su citoplasma es vacuolado. La actividad secretora ocurre después de la hibernación, en la primavera (Courier, 1929) y continúa hasta la quiescencia sexual en el verano (Kehl, 1944). Las células intersticiales de *Varanus* son pequeñas en agosto y se encuentran amontonadas entre los túbulos seminíferos (Kehl y Combescot, 1955). En testículos con túbulos seminíferos espermátogénicamente inactivos de *Varanus bengalensis* y *Mabuya macularia* se observan grandes masas compactas de células intersticiales entre ellos. En el pico de la espermátogénesis los túbulos son expandidos y las células intersticiales están dispersas y parecen escasas (Upadhyay y Guraya, 1972). Las células intersticiales de *Anguis* se incrementan en tamaño durante la primavera; en abril su citoplasma es pobre en gotas de grasa. Por junio las células están cargadas con gotas de grasa. Las células son pequeñas en julio y agosto y la carga de grasa evidente en otoño, disminuye en invierno cuando las células son inactivas (Herlant, 1933).

Herland (1933) mostró el ciclo de las características sexuales secundarias y encontró que son paralelas con los cambios en el tamaño, número y estructura de las células intersticiales; esto también se observó en *Anolis carolinensis* (Fox, 1958), en donde alcanzan tamaño máximo en julio, tal vez debido a la reducción de la presión de los túbulos seminíferos. Las células intersticiales son pequeñas y escasas con actividad disminuida en otoño, cuando no pueden distinguirse de fibroblastos. *Uta stansburiana* muestra máximo desarrollo celular a mediados de febrero, los núcleos son esféricos y el citoplasma es vacuolado. La regresión ocurre durante el periodo de abril a junio y los núcleos son pequeños y picnóticos por principios de agosto (Hahn, 1964). Sin embargo, las células intersticiales de *Lacerta agilis* muestran máxima actividad en abril a junio y en su citoplasma se observan gotas lipídicas. En julio estas desaparecen y las células disminuyen de tamaño (Regamey, 1935). De manera similar, las células intersticiales en *Eumeces fasciatus* alcanzan el máximo tamaño en marzo y abril justo antes de que los túbulos seminíferos alcancen su máximo diámetro (Reynolds, 1943). Bourgat (1968) registro reducción en la cantidad de células intersticiales de *Chamaeleo pardalis* durante la estación calurosa (apareamiento). Probablemente porque los testículos están en el máximo tamaño y las células intersticiales entraron en regresión.

Otras evidencias son más difíciles de interpretar. El pico de crecimiento de las células intersticiales de *Sceloporus occidentalis* ocurre de noviembre a febrero, con tamaño mínimo en la primavera y verano; el volumen testicular es grande en

febrero-marzo (después de la hibernación) y menor en junio y agosto (Wilhoft y Quay, 1961). En *Carlia fusca* la actividad de las células intersticiales y el tamaño de los túbulos seminíferos son reducidos en febrero y marzo, mientras que la actividad reproductora del testículo está en su pico de diciembre a enero (Wilhoft y Reiter, 1965). Bons y Saint-Girons (1963) reportaron que las células intersticiales de los anfisbaenidos *Blanus* y *Trogonophis* involucionan en junio después de la actividad secretora; los testículos involucionan en julio. En todos estos casos, es evidente que la actividad secretora de las células intersticiales parece preceder al pico de actividad de las túbulos seminíferos y regresionan antes que éstos.

En contraste el diámetro nuclear de las células intersticiales de *Carlia rhomboidalis* (Wilhoft, 1963) y de *Dipsosaurus dorsalis* (Mayhew, 1971) no varían durante el ciclo reproductor.

Se ha visto que las células intersticiales de diferentes especies de lacertilios varían estacionalmente en número, tamaño y características citológicas. El máximo tamaño ocurre durante la estación de crianza y el contenido lipídico, que es alto en el otoño se reduce durante la hibernación. La ultraestructura de las células intersticiales de adultos de *Lacerta vivipara* y *Anguis fragilis* revelan características de células que elaboran esteroides (Dufaure, 1968; 1979). El citoplasma incluye un retículo endoplásmico liso de pequeñas y grandes vesículas, numerosos ribosomas libres y gran cantidad de mitocondrias. Durante la primavera, las células intersticiales de *Lacerta vivípara* muestran un sistema de vesículas bien desarrollado y vacuolas derivadas del retículo endoplásmico liso y del complejo de

Golgi, las cuales están posiblemente relacionadas con la producción de andrógenos. Las vacuolas son menos prominentes en el verano, después de la crianza cuando el retículo endoplásmico liso comprende una red de túbulos con frecuencia asociados con lípidos (Dufaure, 1968; 1979).

Las células de Leydig de *Lacerta siculata* sujeta a baja temperatura (4° C) detienen su actividad secretora y regresionan; el calor (28° C) estimula su desarrollo celular y secreción (Varano *et al.*, 1973).

En general las células intersticiales de reptiles maduran y son secretoras con justo antes de que termine la espermiogénesis en los túbulos seminíferos. Después de la espermiogénesis las células intersticiales regresionan al mismo tiempo que los túbulos seminíferos. Las células intersticiales secretan andrógenos, sintetizados a partir de colesterol y su ciclo secretor generalmente no es sincrónico con la espermatogénesis, pero si con el desarrollo de las características sexuales secundarias genitales externos, glándulas femorales, segmento sexual del riñón, coloración externa, conducta de cortejo, entre otros (Fox, 1952; Saint Girons, 1957; Miller, 1969; Grignon y Grignon, 1964; Bellairs, 1970).

Epidídimo

El epidídimo esta situado a lo largo de la superficie dorsal de cada testículo estrechamente relacionado con el mesorquio. Es contorneado, hacia la región pasterior se alarga y se pega al segmento sexual renal. Generalmente el epidídimo esta forrado por epitelio columnar, cuyas células tienen el núcleo en su base. El

epidídimo de los lacertilios puede ser considerado como el equivalente del epidídimo de mamíferos (derivado del mesonefros). Cabe señalar que en reptiles, es mucho más simple que en mamíferos (Hamilton 1975). Este órgano funge como enlace, entre los conductos eferentes y los conductos deferentes, es el mayor componente del sistema de conductos de los machos. Su morfología puede presentar variación a lo largo de su superficie, se pueden observar distintos tipos de epitelio, el tejido conjuntivo y el músculo liso forman capas delgadas; limitando el exterior se encuentra la serosa. El epidídimo de los reptiles está formado por tres tipos de tubos: los conductos eferentes, a los cuales desembocan los túbulos seminíferos del testículo. Estos conductos son de luz amplia y epitelio plano, escaso tejido conjuntivo y músculo liso; se continúan con los conductillos epididimarios que muestran reducción en su diámetro y presentan epitelio cúbico con largos estereocilios; posteriormente continúan los conductos epididimarios, de mayor talla que los anteriores, presenta epitelio seudoestratificado o columnar alto con núcleos basales, y citoplasma con abundantes gránulos de secreción. El extremo caudal del epidídimo se continúa con el conducto deferente, en el cual disminuye notablemente la estructura contorneada y se dobla hacia la región cefálica (Uribe, 2002).

La anatomía e histología del epidídimo es bien conocida en reptiles y particularmente en lacertilios (Fox, 1977). En *Lacerta vivipara* hay un solo conducto eferente, surge del testículo, se abre a un conducto marginal del borde del epidídimo el cual se conecta con varios conductillos epididimarios estos

conductillos se abren dentro del conducto principal o conductos epididimarios los cuales finalizan en el conducto deferente (Dufaure, 1986). El epitelio esta compuesto de dos tipos de células, las células secretoras las cuales están presentes en mayor número y las células basales las cuales probablemente están para reemplazar. Hacia el final del periodo reproductivo las células secretoras pueden diferenciarse en claras y oscuras esta diferenciación esta aparentemente conectada con el principio de un proceso degenerativo para la estructura del epitelio (Mesaure *et al.*, 1984).

En el lumen se encuentran los espermatozoides y un fluido cuya composición cambia a lo largo del epidídimo. Numerosos estudios sobre la composición de este fluido, con respecto a iones, moléculas orgánicas pequeñas, proteínas y macromoléculas han mostrado que el ambiente en el cual se mueven los espermatozoides a lo largo del epidídimo sufre cambios continuos.

En la lagartija *Sceloporus torquatus* se han identificado tres tipos de conductos. De dos a cuatro conductillos eferentes muy cercanos al testículo, los cuales presentan epitelio plano simple, una amplia luz, músculo liso y escaso tejido conjuntivo alrededor. En seguida ya hacia el interior del epidídimo, los conductillos epididimarios cuyo diámetro es menor a los primeros, están revestidos por epitelio cúbico, con largos estereocilios y se observan gránulos acidófilos. Posteriormente, los conductos epididimarios, los cuales son de mayor diámetro a los anteriores el epitelio es columnar muy alto, la luz de estos conductos es amplia, sus núcleos

son basales y el citoplasma presenta abundantes gránulos de secreción, la parte caudal del epidídimo se continúa con el conducto eferente (Hernández, 1991).

Funciones del epidídimo

Las principales funciones llevadas a cabo por el epidídimo son el transporte de espermatozoides, su maduración y su almacenamiento. La maduración de los espermatozoides ocurre al pasar a través del epidídimo, este es un proceso activo en el que los espermatozoides están expuestos al cambiante ambiente epididimal con el fin de madurar, su sólo paso no es suficiente. Si bien es sabido que la maduración de los espermatozoides se da en el epidídimo, la información que se tiene de su función y sus efectos sobre los espermatozoides es poca clara (Robaire y Viger, 1995).

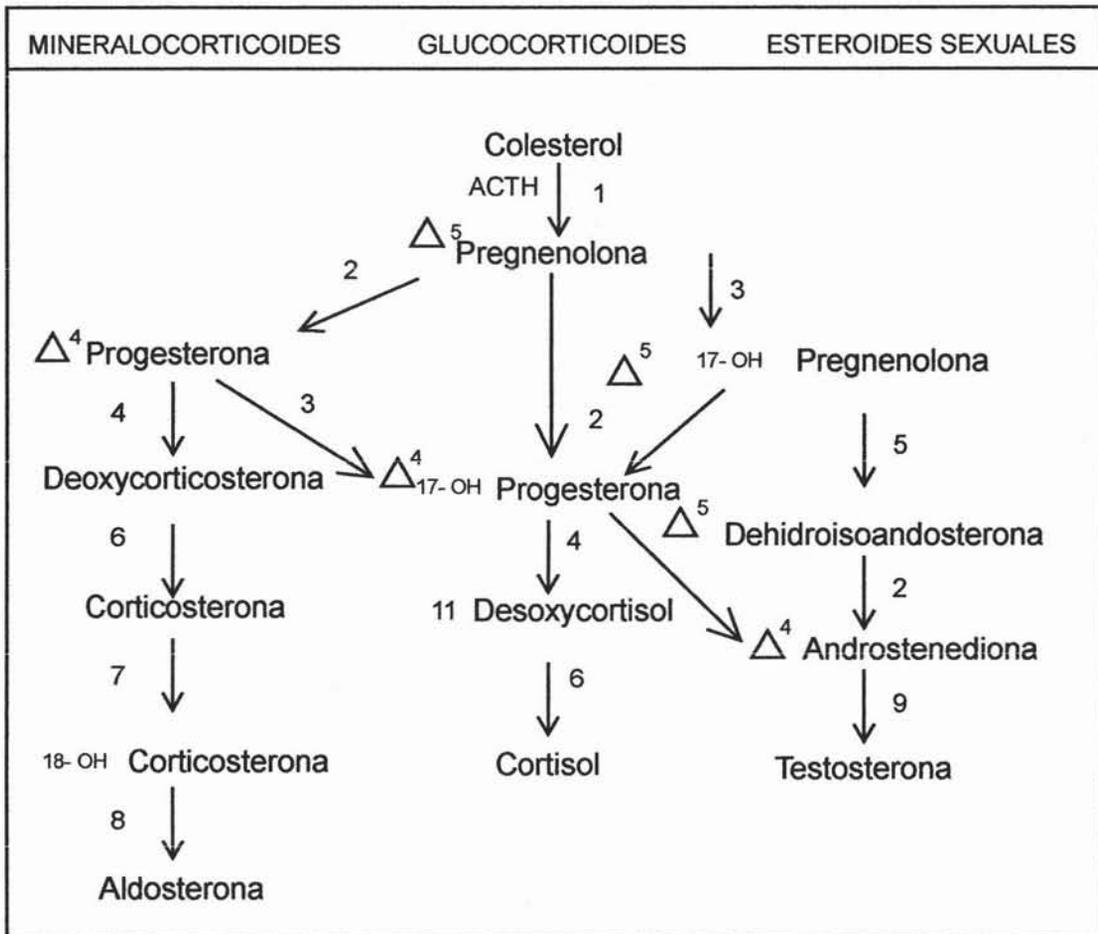
Biosíntesis de esteroides testiculares y epididimales

La biosíntesis de andrógenos ocurre por una gran variedad de mecanismos y en la mayoría la $\Delta 5$ - 3β -hidroxiesteroide deshidrogenasa (3β -HSD) juega un papel muy importante y el sitio de esta reacción puede localizarse en el tejido por técnicas histoquímicas (Baillie *et al.*, 1966; Lofts y Tsui, 1977). Aunque los reptiles son los menos estudiados, de los vertebrados no mamíferos, está comprobado que los testículos secretan andrógenos. Como en mamíferos y aves las células intersticiales tienen reacción positiva para 3β -HSD y tienen características ultraestructurales de células secretoras de esteroides (Callard, 1967).

En general el esquema de biosíntesis de esteroides aceptado es el descrito por Baille *et al.* (1966) y Frisell (1982), el colesterol debe primero convertirse en pregnenolona, como ocurre en la producción de corticoides. La pregnenolona es transformada en progesterona por la acción de Δ^5 - 3β -hidroxiesteroide deshidrogenasa (3β -HSD). La hidroxilación de C-17, C-20 y C-21 da origen a la vía de pregnenolona \rightarrow progesterona \rightarrow 17-OH-progesterona \rightarrow androstenediona \rightarrow testosterona (ver esquema A). Existe otro camino alternativo en el cual la pregnenolona no es convertida a progesterona pero es hidroxilada en C-17 produciendo 17-OH-pregnenolona la cual es convertida a dehidroisoandrosterona. La dehidroisoandrosterona es transformada en androstenediona por la acción de 3β -HSD y convertida a testosterona. La testosterona también puede formarse en las células adrenales corticales por el isómero de la progesterona, Δ^5 -pregnenolona (Frisell, 1982). En mamíferos, aproximadamente el 5% de andrógenos en plasma, son producidos por la glándula adrenal (Jones, 1984).

En los lacertilios *Varanus bengalensis* y *Mabuya mabouia* estudios histoquímicos demuestran que las células intersticiales del testículo son secretoras de esteroides (Upadhyay y Guraya, 1972).

Esto sustenta la evidencia de que especies de mamíferos y no mamíferos producen esteroides dentro de los túbulos seminíferos, también estudios histoquímicos sugieren que las células de Sertoli son el sitio de la esteroidogénesis en reptiles (Lofts, 1972; Lofts y Bern, 1972; Baccetti, 1983; vanTienhoven, 1983).



- 1 - Sistema 20 y 22 - hidroxilasa-desmolasa
- 2 - Sistema $\Delta^5 - 3\beta$ - hidroxisteroide deshidrogenasa
- 3 - 17α - hidroxilasa
- 4 - 21 - hidroxilasa
- 5 - 17 - desmolasa
- 6 - 11β - hidroxilasa
- 7 - 18 - hidroxilasa
- 8 - 18 - dehidrogenasa
- 9 - 17 - hidroxisteroide deshidrogenasa

Esquema A. Vía de biosíntesis de esteroides en mamíferos. Redibujo de Hung (1983). Tomado de Elliott (1980)

Baccetti (1983) encontró que en lacertilios las células de Sertoli tienen una ultraestructura apropiada para secretar esteroides.

Estudios histoquímicos y bioquímicos *in vitro* sugieren que los esteroides también son metabolizados e interconvertidos en el epitelio epididimal en ratas, sementales y toros, la 5 α -dehidrotestosterona (DHT) es la forma activa de la testosterona encontrada en el interior del epidídimo (Prakash y Moore, 1982). En el lacertilio vivíparo *Lacerta vivípara* la autoradiografía indica que la testosterona o un metabolito androgénico está concentrado en el núcleo de la célula epididimal durante los periodos de actividad reproductora (Dufaure y Chambon, 1978). Sin embargo, los niveles de DHT han sido bajos o no detectados en el plasma de muchos reptiles (Callard, 1967; Callard y Ryan, 1977; Courty y Dufaure, 1979; Weil y Johnson, 1981).

Ciclicidad testicular y epididimaria

El tiempo de actividad reproductora es un importante aspecto de las estrategias reproductoras de las especies (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993). Los lacertilios de zonas templadas como en *Anolis carolinensis* (Fox y Dessauer, 1958); *Uma notata*, *U. inornata*, *U. scorparia* (Mayhew y Wright, 1970); *Hoplodactylus m. maculatus* (Cuellar y Fawcett, 1972); *H. pacificus*. (Fawcett, 1972); *Sceloporus scalaris* (Newlin, 1976); *Uta stansburiana* (Goldberg, 1977); *Crotaphytus collaris* (Trauth, 1979), presentan gametogénesis, ovulación, fertilización y oviposición asociados con el incremento en la temperatura

ambiental, en primavera. En *Hemiergus peronii*, el desarrollo testicular completo y los apareamientos ocurren al final de la primavera (Smyth y Smith, 1968).

Estudios más recientes que examinaron especies de lacertilios vivíparos del género *Sceloporus* demostraron que es posible un patrón de actividad estacional para especies de zonas templadas, con gametogénesis, cortejo, apareamiento y fertilización ocurriendo durante los meses otoñales (*Sceloporus cyanogenis*: Crisp, 1989; Callard *et al.*, 1972; *S. jarrovi*; Goldberg, 1971; Ballinger, 1973; *S. poinsetti*; Ballinger, 1973) presentan desarrollo testicular así como apareamiento otoñal. Estudios de esta estrategia reproductora han establecido otra faceta, en la que la actividad reproductora es asincrónica entre los machos y hembras. En varias especies, los machos presentan inicio de actividad testicular durante la primavera o verano mientras que las hembras son vitelogénicas y ovulan en el otoño (*Sceloporus grammicus*: Guillette y Casas-Andreu, 1980; *Sceloporus mucronatus*: Méndez-de la Cruz *et al.*, 1988).

En contraste, las especies tropicales en donde el ambiente es más estable la mayoría tienen reproducción continua (Saint Girons, 1982), pero algunos lacertilios tropicales presentan un ciclo estacional (*Ameiva ameiva*: Vitt, 1982; *Carlia bicarinata*: Zug *et al.*, 1982).

Control de la actividad gonadal

EL ciclo testicular de los reptiles esta controlado por varios factores externos e internos (revisado por: Duvall *et al.*, 1982; Licht, 1982). El control por factores

externos asegura que los animales lleven a cabo la crianza en el tiempo más ventajoso del año. Estos factores externos pueden ser, el fotoperíodo, la lluvia y la temperatura e influyen en las características reproductoras como son, la época de apareamiento, la frecuencia de apareamiento así como la edad en que los organismos alcanzan la madurez sexual (Lofts, 1977; Derickson, 1976; Ballinger, 1977; Callard y Ho, 1980; Vitt y Goldberg; 1983; Guillette y Sullivan, 1985; Guillette y Bearce, 1986).

La temperatura es considerada el factor más importante que controla los ciclos reproductores y gonadales en reptiles de zonas templadas, aunque el fotoperíodo también ha sido implicado. En el lacertilio *Anolis carolinensis*, la espermiación y la producción de andrógenos parecen especialmente sensibles a la temperatura, así el desarrollo espermatogénico se detiene durante el invierno (Licht, 1967). La rápida terminación de la espermatogénesis durante dos semanas después de emerger de la "hibernación", es probablemente dependiente de la elevación de la temperatura del cuerpo y no del incremento del fotoperíodo (Guillette *et al.*, 1983). Pearson *et al.* (1976) mostraron que la temperatura también afecta la producción y actividad de gonadotropinas en *Anolis*.

Los cambios estacionales ligeros de la temperatura, pueden jugar un papel muy importante en la ciclicidad reproductora entre reptiles tropicales, así como la lluvia y disponibilidad de alimento (Duval *et al.*, 1982).

Aunque está bien establecido que la gametogénesis y la esteroidogénesis son funciones del testículo, las cuales están controladas por gonadotropinas de la

parts distalis de la hipófisis (Callard *et al.*, 1978), la pregunta de que si hay una o dos gonadotropinas en reptiles, no ha sido resuelta. Un sistema dual de gonadotropinas parece ser una característica común en tetrápodos (Licht, 1974; Licht y Bona-Gallo, 1978; Licht, 1979; 1983). Dos moléculas diferentes con características químicas similares a la FSH y LH de mamíferos, han sido identificadas en dos especies de tortugas y el aligador (lagarto) (Callard *et al.*, 1978). Sin embargo, los reptiles escamados poseen posiblemente una sola gonadotropina. Estudios realizados por Callard *et al.* (1976: serpientes), Licht (1972: serpientes), Licht y Pearson (1969: *Anolis carolinensis*) y Jones (1973: *Leiopisma laterale*) sugieren que, la función testicular y epididimal en reptiles escamados puede ser regulada por una sola gonadotropina, la gonadotropina semejante a la FSH. Aunque la gonadotropina de los escamados es diferente a la FSH de otros tetrápodos es más semejante a la FSH que a la LH (Licht, 1983). En ciertas especies de lacertilios, la FSH de mamíferos y la LH inyectadas son igualmente potentes, en incrementar los niveles de testosterona en el plasma, pero después de la inyección, la FSH es la gonadotropina más potente (Tsui, 1976; Daniels *et al.*, 1979; Licht, 1983).

En mamíferos la LH estimula a las células intersticiales para que secreten testosterona. La testosterona entra a la circulación y se difunde a través de la membrana basal de los túbulos seminíferos, donde entra a las células de Sertoli (Jones, 1984). Las células de Sertoli transforman la testosterona a DHT, la cual junto con la testosterona entra en contacto con el fluido que rodea a las células

germinales, estimula las fases de la espermatogénesis (Fawcett, 1972). Las células de Sertoli, también secretan la proteína atrapadora de andrógenos (ABP), la cual es secretada dentro del lumen del túbulo, donde se une con la testosterona y DHT (Weddington, 1975). El papel sugerido para la ABP es la concentración de andrógenos alrededor de las células germinales para que estos esteroides puedan influir en la espermatogénesis.

Los andrógenos también tienen una importante función en la regulación de la fisiología del epidídimo en mamíferos (vanTienhoven, 1983). Por ejemplo, el aumento de tamaño de las células epiteliales del epidídimo es mediado por andrógenos (Jones, 1984). Se sabe también que en mamíferos los espermatozoides sufren un proceso de maduración durante su paso a través del epidídimo. Este proceso de maduración se obtiene a través de una secreción dependiente de andrógenos del epitelio epididimal. Entre otros eventos, la estructura antigénica de la superficie del espermatozoide cambia durante su tránsito por el epidídimo (Kuchling *et al.*, 1981). La estructura antigénica de la membrana plasmática depende de glucoproteínas, las cuales pueden ser transformadas por los efectos secuenciales de glucosidasas (e.g. β -N-acetilglucosaminidasa). La enzima β -N glucosaminidasa está bien identificada en la tortuga, *Testudo h. herminni* (Kutchling *et al.*, 1981). Esta enzima y las gotas de lípidos intracitoplásmicos en el epitelio del epidídimo están relacionadas con la presencia de espermatozoides. Una alta concentración de testosterona es necesaria para la activación de esta enzima. Experimentos *in vivo e in vitro* del

lacertilio vivíparo *Lacerta vivipara* indican que altas concentraciones de testosterona de origen testicular controla el crecimiento y la actividad secretora de las células epiteliales del epidídimo (Gigon-Depeiges y Dufaure, 1977).

Ciclos morfológico y hormonal

En los reptiles el testículo y el epidídimo sufren cambios morfológicos estacionales, estos cambios varían según las especies. Varios estudios demuestran la correlación histológica entre el diámetro de los tubos seminífero y la altura del epitelio seminífero y la altura del epitelio de los conductos del epidídimo durante el ciclo reproductor (Licht, 1967; Licht y Pearson, 1969; Callard *et al.*, 1976; Pearson *et al.*, 1976; Trauth, 1979).

Otros estudios describen la relación hormonal y los cambios histológicos que ocurren durante el ciclo reproductor, por ejemplo, en la serpiente *Agkistrodon piscivorus*, los niveles de testosterona circulante y la hipertrofia testicular son paralelos con la actividad espermatogénica, pero cambios significativos en el epidídimo no se observan (Johnson *et al.*, 1982). En varias especies de tortugas, los niveles de testosterona en el plasma son seguidos del crecimiento testicular y de la espermatogénesis (Licht, 1982). En la tortuga *Chrysemys picta*, los niveles de testosterona son mayores cuando las células intersticiales son más grandes, pero en este tiempo en los túbulos seminíferos no hay espermatogénesis (Callard *et al.*, 1976) y durante la espermatogénesis activa la testosterona es baja en este animal.

El ciclo de las células intersticiales de los reptiles es básicamente similar al de otros vertebrados en estación reproductora, como se identificó por una disminución cíclica de lípidos (Guraya y Greenwald, 1964; Björsing, 1967) y la actividad de la 3β hidroxisteroide-deshidrogenasa (3β -HSD) (Jones, 1970; Callard *et al.*, 1978). Lofts (1968, 1969) y Lofts y Tsui (1977) sugieren que una disminución rápida de colesterol, observado como material lipídico sudanofílico, en el tejido intersticial reptiliano es indicativo de una alta síntesis de andrógenos lo que da como consecuencia una disminución de material precursor. Esto es apoyado por la intensidad incrementada de la reacción de la 3β -HSD en las células intersticiales conforme la espermatogénesis progresa, así como también por el hecho de que los conductos del epidídimo, muestran un revestimiento epitelial altamente desarrollado y secretor. En la tortuga *Testudo h. hermanni*, la concentración de lípidos testiculares varían durante el ciclo reproductivo, pero nunca disminuye completamente. No hay una clara variación estacional en la actividad de la 3β -HSD en las células Leydig o de Sertoli, sin embargo, si es evidente en esta especie (Kuchling *et al.*, 1981).

La morfología del epitelio del epidídimo sufre una amplia variación durante el ciclo sexual anual, esta variación esta relacionada con el nivel de testosterona en el plasma (Court y Dufaure, 1982; Dufaure y Mesure *et al.* 1987).

Características reproductoras generales del lacertilio

Sceloporus mucronatus

Sceloporus mucronatus es una lagartija vivípara miembro del grupo *torquatus* que habita en regiones de altas altitudes. En la población del Parque Nacional Ajusco, Distrito Federal, a una altitud de 3300 msnm, los machos presentan un ciclo reproductor estacional con actividad testicular de primavera verano. La espermatogénesis se inicia en octubre, con la proliferación de espermatogonias. En los meses invernales, cuando los testículos presentan el volumen más bajo hay una gran producción de espermatoцитos primarios y secundarios. La espermiogénesis ocurre cuando se presentan los máximos valores en volumen testicular, en el diámetro de los túbulos seminíferos y en el tamaño de las células epiteliales del epidídimo durante los meses más cálidos (mayo a agosto), coincidiendo además, con el máximo número de células intersticiales y volumen nuclear de las mismas, así como con la mayor cantidad espermatozoides en túbulos seminíferos y epidídimo (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1988; Estrada *et al.*, 1990).

Para la población de la localidad de Tecocomulco, en el Estado de Hidalgo, el ciclo espermatogénico anual fue clasificado en siete estadios. Tiene una larga recrudescencia (6.5 meses), se inicia en el invierno y ocurre la proliferación de espermatogonias; el máximo número de espermatoцитos primarios y secundarios se observa en la primavera y verano respectivamente; la espermiogénesis ocurre a fines del verano y es completada durante los meses otoñales, denotando con esto

un ciclo reproductor estacional otoñal (Villagrán-Santa Cruz *et al.*, 1994). Los siete estadios del ciclo espermatogénico son:

1.- Recrudescencia temprana: Inicia en el mes de enero y se define por la máxima proliferación de espermatogonias, por lo que se incrementa la altura del epitelio germinal. Se observan espermatocitos primarios en algunos túbulos y la luz de manera gradual se va llenando de células germinales, pero el mayor porcentaje es ocupado por espermatogonias. En esta etapa el peso del testículos es bajo, pero en el mes de febrero la recrudescencia se refleja por un ligero aumento en el peso testicular aquí también las espermatogonias ocupan el mayor porcentaje y se observan altos niveles de espermatocitos primarios.

2.- Recrudescencia media: En los meses de marzo a mayo, el tipo de células más abundante son los espermatocitos primarios, los espermatocitos secundarios inician su incremento en marzo y en abril ya comienzan a observarse las espermátidas, se observa un incremento del peso testicular.

3.- Recrudescencia tardía: En el mes de junio y mediados de julio los espermatocitos secundarios ocupan el mayor porcentaje en el interior de los túbulos seminíferos, a mediados del segundo mes, ya avanzada la recrudescencia, el porcentaje de espermátidas ha aumentado y éstas forman pequeños grupos delineando la luz de los túbulos seminíferos, algunas ya han iniciado el proceso de espermiogénesis, el peso testicular continúa en aumento.

4.- Máxima actividad testicular: En los meses de agosto y septiembre se da el proceso de espermiogénesis y se alcanza el máximo peso testicular, los

espermaticos secundarios y espermáticas en proceso de citomorfosis son los tipos celulares más abundantes. En estos meses el epidídimo esta completamente lleno de espermatozoides.

5.- Regresión temprana: En el mes de octubre, se observa reducción del epitelio germinal y del peso testicular. La reducción que sufre el epitelio germinal marca el fin de la espermiogénesis, se inicia la regresión, se observan espermaticos primarios y secundarios en pequeños grupos en citomorfosis, esparcidos por todo el túbulo seminífero. En este mes también se observan grandes cantidades de espermatozoides en el epidídimo.

6.- Regresión tardía: En el mes de noviembre se observa una disminución más marcada del epitelio germinal, las espermatogonias y las células de Sertoli delimitan la pared del túbulo seminífero y son evidentes los espermaticos y las espermáticas en degeneración, también se observan espermatozoides en la luz de los túbulos, aquí todavía hay espermatozoides en el epidídimo.

7.- Quiescencia: En el mes de diciembre los testículos entran a la etapa de quiescencia y el peso testicular alcanza los valores más bajos, el epitelio germinal esta formado de espermatogonias y células de Sertoli entremezcladas; estos tipos celulares están sobre la base de los túbulos seminíferos y llenan completamente la luz; en algunos túbulos se observan restos celulares y espermatozoides en degeneración, en el epidídimo solo se observan restos celulares (Villagrán-Santa Cruz *et al.*, 1994).

JUSTIFICACIÓN

Dentro de los vertebrados los reptiles son un grupo de suma importancia, puesto que su colonización del ambiente terrestre y evolución reflejan el desarrollo de diversas estrategias reproductivas.

Particularmente, el género *Sceloporus* tiene una gran variedad de patrones reproductivos, lo que lo convierte en un modelo de estudio de los ciclos reproductores en diferentes niveles como son, la fisiología, morfología y neuroendocrinología (Lance, 1984).

Debido a que diferentes poblaciones de *Sceloporus mucronatus* presentan variaciones en su patrón reproductor ya que se reproducen durante la temporada primavera-verano o verano-otoño; su estudio puede dar la pauta para entender el mecanismo que controla la reproducción en distintos ambientes y la interacción que se presenta entre las gónadas y sus conductos.

Para entender el proceso reproductor es necesario estudiarlo en varios niveles; por ejemplo, los cambios gonádicos son más confiables haciendo uso de técnicas específicas como las histológicas y las morfométricas. Esto permite describir con mayor exactitud los cambios en la actividad gonadal, facilitando una interpretación más exacta de la influencia de los factores intrínsecos y extrínsecos en los ciclos gonadales.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Contribuir al conocimiento de la actividad reproductora en lagartijas machos del genero *Sceloporus mucronatus*.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar los cambios de las células de Leydig y del epidídimo durante un ciclo anual.
- Correlacionar los cambios observados entre las células de Leydig y el epidídimo.
- Correlacionar los cambios de las células de Leydig y el epidídimo con el ciclo espermatogénico

HIPÓTESIS

Las células de Leydig y sus secreciones (andrógenos) tienen un papel activo durante la espermatogénesis, por lo que se espera que sus características morfológicas, número y tamaño varíen en el transcurso del ciclo reproductor. De la misma manera el epidídimo, siendo una estructura dependiente de hormonas esteroides, se espera que también presente variaciones a lo largo del año, ya que cumple con funciones importantes como son el transporte y almacenamiento de los espermatozoides.

MATERIAL Y MÉTODO

Esta investigación se llevo a cabo utilizando las preparaciones histológicas derivadas de un trabajo previo, realizado en el laboratorio de Biología de la Reproducción Animal, de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Mensualmente de enero a diciembre de 1991 se colectaron cinco machos del lacertilio *Sceloporus mucronatus* en la localidad de Tecocomulco, Hidalgo. En el laboratorio, los ejemplares fueron pesados en una balanza granataria (gr), medidos (0.1mm) y se sacrificaron utilizando una inyección de anestésico, intra cardiaca (pentobarbital sódico en solución diluida (1:10)). Se realizó una incisión abdominal, se abrió la cavidad del cuerpo dejando ver las gónadas y sus conductos e *in situ* se midió el largo y ancho de cada testículo con un vernier digital, para posteriormente con estos diámetros calcular el volumen gonadal para cada ejemplar con la fórmula de un elipsoide: $V = 4/3 \pi a^2 b$, donde $a = 1/2$ del ancho y $b = 1/2$ del largo (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1988). Las gónadas y el epidídimo fueron removidas y pesadas, se fijaron en formol al 10% neutro o en Bouin, para su posterior tratamiento histológico. Para representar la variabilidad se trabajó con las gónadas con peso mayor, intermedio y menor. Se utilizó la técnica histológica convencional para microscopía óptica: deshidratación en alcoholes graduales, aclaración en aceite de cedro, inclusión en paraplast, corte a 5 μm y tinción, utilizando las técnicas Hematoxilina Eosina, tricrómica de Masson. Los testículos del lado derecho se incluyeron en gelatina para realizar cortes por congelación a 15 μm y se tiñeron con sudan negro, para identificar lípidos.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

- Número de células de Leydig

Se contó al azar el número de células de Leydig en 10 campos por ejemplar. El número promedio de células fue multiplicado por un factor proporcional al volumen testicular (a^2b), donde $a = 1/2$ del diámetro menor (ancho) y $b = 1/2$ del diámetro mayor (largo) para proporcionar un índice relativo del número total de éstas células en el testículo (Jones, 1970).

- Volumen celular y nuclear de las células de Leydig

El diámetro mayor y menor de 10 células intersticiales así como el de sus núcleos por animal fueron medidos utilizando un ocular micrométrico a un aumento de 100X. El volumen celular y nuclear se calculó utilizando la formula para un elipsoide ($V = 4/3 \pi a^2 b$, donde $a = 1/2$ del ancho y $b = 1/2$ del largo).

- Diámetro y altura epitelial de conductos y conductillos epididimarios

Con un ocular micrométrico a un aumento de 40X se midió al azar el diámetro de 10 conductos y conductillos del epidídimo seccionados transversalmente. De la misma manera se midió la altura del epitelio de 10 conductos y conductillos por animal.

Con los datos morfométricos anteriores, se calculó un promedio por ejemplar y un promedio mensual, así como el error estándar y desviación estándar.

Para establecer el uso de pruebas paramétricas (ANOVA) o no paramétricas (Kruskal-Wallis) se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Con el objeto de determinar si existieron diferencias significativas, en los parámetros considerados, se realizó la prueba estadística de Kruskal-Wallis. Posteriormente se realizó una prueba de Tukey para establecer entre que meses se dieron las diferencias. Las pruebas estadísticas se realizaron con un nivel de significancia de 0.05 y con un nivel de confianza del 95% utilizando el programa STATISTICA versión 6.0.

RESULTADOS

1. Células de Leydig

En la lagartija *Sceloporus mucronatus*, las células de Leydig se observaron en el espacio intersticial del testículo, aisladas o en grupos y a menudo relacionadas con vasos sanguíneos. Estas células mostraron en general forma poliédrica, citoplasma claro con secreción lipídica, evidente núcleo y uno o dos nucleolos, características que variaron a lo largo del año estableciendo una estrecha relación con la actividad espermatogénica (Fig. 3). Cuando no se observó actividad espermatogénica las células de Leydig se apreciaron formando grupos aislados de pocas células. Cuando se inicia la actividad espermatogénica las células intersticiales formaron masas entre los túbulos seminíferos, mientras que durante las etapas avanzadas de espermatogénesis las células intersticiales fueron evidentes por su número, tamaño y secreción en los espacios angulares entre los túbulos seminíferos adyacentes (Fig. 3).

El número, de las células de Leydig mostró cambios a lo largo del año (Fig. 4), las diferencias que presentó esta variable fueron significativas (Kruskal-Wallis: $H_{(11,29)} = 22.5$, $P < 0.05$). Durante los meses de enero y febrero ocurren los valores más bajos, de marzo a junio la cantidad se incrementó sin presentar variación significativa (Figs. 4, 5 y 6). A partir de julio el número de células aumentó significativamente, alcanzando el valor más alto en agosto. En septiembre inicio el decremento pero aún permaneció alto. Finalmente el número de células disminuyó significativamente en los meses de octubre, noviembre y diciembre (Figs. 4, 5, y 6).

El volumen de las células de Leydig, mostró variación a lo largo del año (Fig. 7) y las diferencias fueron significativas (Kruskal-Wallis: $H_{(11,29)} = 19.82$, $P < 0.05$). El aumento del volumen celular fue gradual desde principios del año hasta agosto en septiembre y octubre el incremento fue significativo y en noviembre y diciembre el volumen decreció alcanzando los valores más bajos (Figs. 5, 6 y 7A).

Aunque el volumen del núcleo de las células de Leydig, mostró el mismo comportamiento que el volumen celular (Fig. 7), coincidiendo con un incremento gradual de enero a agosto, los valores más altos en septiembre y octubre y la disminución de los mismos en noviembre y diciembre, no presentó variación significativa a lo largo del año (Kruskal-Wallis: $H_{(11,29)} = 16.28$, $P = 0.13$). Probablemente, la amplia desviación estándar que se presentó en el mes de junio no permitió observar el que hubiese variación significativa. (Fig. 7B) Las células de Leydig también mostraron cambios evidentes a lo largo del año en relación a la

secreción contenida en su citoplasma haciéndose evidentes con la técnica específica para lípidos (sudan), esta secreción se observó en forma de gotas lipídicas en el intervalo de enero a julio (Fig. 8A, B), la secreción de estas células en los meses de septiembre y octubre, se observó con un aspecto más homogéneo (Fig. 9), en diciembre, nuevamente volvieron a ser evidentes las gotas lipídicas semejantes a las de los primeros meses del año (Fig. 8A,B).

2. Epidídimo

El lacertilio *Sceloporus mucronatus* tiene un epidídimo estrecho en forma de banda sobre la superficie dorsomedial del testículo y esta constituido de una serie de conductos de diferente diámetro inmersos en una malla de tejido conjuntivo laxo en donde pueden observarse vasos sanguíneos (Fig. 10). Cabe hacer notar que el epidídimo en la lagartija *S. mucronatus* presenta una clara variación en la estructura a lo largo del año (Fig. 10). El epidídimo esta conectado con el testículo por un solo conducto eferente relacionado con el mesorquio que sostiene al mismo testículo (Fig. 11). Este mesenterio permite una estrecha relación con vasos sanguíneos que corren a lo largo del testículo y con la glándula adrenal. La unión entre los túbulos seminíferos y el único conducto eferente ocurre en la región anterior media del testículo (Fig. 11). El conducto eferente entra al epidídimo y conduce hacia los conductillos epididimarios a través de un canal longitudinal anterior. Estos conductillos se distribuyen mayoritariamente en la región cefálica del epidídimo así como en la cara lateral que da al testículo, aunque

en estadios no reproductores se observaron distribuidos entre los conductos del epidídimo (Fig. 10). Hay una clara transición entre las capas que están formando las células de la espermatogénesis en los túbulos seminíferos y el epitelio cúbico bajo del conducto eferente que sale del testículo y entra al epidídimo (Fig. 12); así como entre el epitelio cúbico bajo del conducto eferente y el columnar con estereocilios de los conductillos epididimarios propios del epidídimo (Fig. 12). En general los conductillos epididimarios no presentaron espermatozoides en su luz. La gran masa o cuerpo del epidídimo esta formada por los conductos del epidídimo (Fig. 10). Estos conductos presentan una amplia luz y un epitelio conformado por células cilíndricas no ciliadas y células basales piramidales y una delgada capa de músculo liso que los rodea externamente. El epitelio es secretor y descarga su producción al lumen tubular a partir del mes de julio, la secreción es abundante y se mezcla con los espermatozoides durante el periodo de máxima actividad reproductora (agosto, septiembre y octubre). Es evidente en el epidídimo un ciclo de atrofia (diciembre a junio) – hipertrofia (agosto a noviembre) derivado de las variaciones en el diámetro, altura epitelial de los conductos del epidídimo, del contenido secretor citoplásmico y cantidad de espermatozoides en la luz a largo del año. Los conductos del epidídimo conducen hacia el conducto deferente, el cual se continúa caudalmente a lo largo de la superficie lateral del riñón y acompaña al uréter a su abertura común hacia la cloaca.

Los conductillos y conductos del epidídimo de la lagartija *S. mucronatus* presentaron cambios en el diámetro y la altura epitelial a través del año, cambios que estuvieron estrechamente relacionados con la condición reproductora.

A pesar de que el diámetro de los conductillos epididimarios mostró variación a lo largo del año (Fig. 13A), esta no fue significativa (Kruskal-Wallis: $H_{(11,29)} = 12.29$, $P = 0.34$). Por otro lado la altura del epitelio de estos conductillos si presentó variación significativa (Kruskal-Wallis: $H_{(11,29)} = 21.7$, $P < 0.05$) (Fig. 13B). Durante los meses de febrero a septiembre, no hubo cambios drásticos en la altura epitelial de los conductillos (Figs. 13, 14, 15 y 16), en octubre y noviembre si se observó aumento en la altura epitelial, coincidiendo con el aumento en el diámetro de los mismos (Figs. 13 y 17), finalmente en diciembre este parámetro volvió a disminuir (Fig. 13). Los conductillos epididimarios presentaron un epitelio cúbico simple y largos estereocilios, no se observa actividad secretora en estas células ni evidente variación histológica en los diferentes estadios de actividad reproductora, de igual manera no se observaron espermatozoides en la luz de estos conductillos, aunque la altura epitelial varía a lo largo del año (Figs. 14, 15, 16, 17 y 18).

El diámetro y la altura epitelial de los conductos epididimarios mostró cambios (Fig. 19), que fueron significativos en el transcurso del año (Kruskal-Wallis: $H_{(11,29)} = 22.5$ $P < 0.05$; Kruskal-Wallis: $H_{(11,29)} = 21.43$, $P < 0.05$ respectivamente). De enero a junio el diámetro de los conductos disminuyó (Figs. 14, 15 y 19A) en julio ocurrió un ligero incremento y los valores más altos se

alcanzaron en agosto, septiembre, octubre y noviembre (Figs. 15, 16 y 17) coincidiendo con una gran cantidad de espermatozoides en la luz. El diámetro de los conductos disminuyó en diciembre, así como la cantidad de espermatozoides (Fig. 18).

Es evidente que existe una estrecha relación entre el diámetro de los conductos y la altura epitelial de los mismos, observándose un comportamiento similar de disminución y aumento en los mismos meses.

Los cambios en los parámetros morfométricos del epitelio de los conductos del epidídimo reflejados en la atrofia e hipertrofia, evidenciaron una ciclicidad a lo largo del año, haciéndose evidente una etapa de proliferación o crecimiento del epitelio, presentando una apariencia pseudoestratificada, una etapa de actividad secretora que se inicia en el mes de julio (Fig. 20) y una etapa final de regresión del epitelio.

DISCUSIÓN

Durante la actividad reproductora de los reptiles se ha observado que hay cambios en la abundancia de los elementos testiculares como las células de Leydig, y el epidídimo como ocurre en *Xantusia vigilis* (Miller, 1948); *Sceloporus occidentalis* (Wilhoft y Quay, 1961); *Leiopisma fuscum* (Wilhoft y Reiter, 1995); *S. scalaris* (Newlin, 1976) y *S. mucronatus* (Estrada *et al.*, 1990; Villagrán-Santa Cruz *et al.*, 1994).

En la lagartija *Sceloporus mucronatus* las células de Leydig se observaron en el intersticio de los túbulos seminíferos, fueron de forma ovalada y estuvieron dispuestas en pequeños grupos y generalmente se relacionaron con vasos sanguíneos. El número y volumen nuclear y celular mostraron variación a lo largo del año coincidiendo con lo observado en otras especies de lacertilios como *Xantusia vigilis* (Miller, 1948), *Anolis calorinensis* (Fox, 1958), *Sceloporus stejnegeri* (Hahn, 1964), *Lepidophyma fuscum* (Wihoft y Reiter, 1965), *Varanus bengalensis* y *Mabuya macularica*, (Upadhyay y Guraya, 1972), *Crotaphytus collaris* (Trauth, 1979), *Sceloporus mucronatus* (Estrada *et al.*, 1990) *Sceloporus torquatus* (Hernández, 1991).

Es evidente que en *S. mucronatus* solo un conductillo eferente une al testículo con el epidídimo coincidiendo con lo que ocurre con otras especies de los géneros *Sceloporus*, *Eumeces* y *Lacerta* (*L. muralis*, *L. agilis* y *L. vivipara*) (Podoa, 1933; Regamey, 1935; Forbes, 1941; Reynolds, 1943). La relación entre el testículo y el epidídimo en lacertilios es diversa; *Scincus* tiene cuatro conductillos eferentes anteriores y dos posteriores. Estos últimos se ramifican y conducen hacia el canal longitudinal por nueve aberturas separadas (Badir, 1958). *Chalcides* mostró tener 9 conductillos eferentes los cuales se unen con los túbulos seminíferos y forman una red (Badir, 1958). *Anguis* tiene de 5 a 9 y se abren hacia un canal longitudinal (Alverdes, 1928). En *Sceloporus t. torquatus* se observan de dos a cuatro conductillos epididimarios muy cerca del testículo (Hernández, 1991).

La reducción en vertebrados en el número de conductos eferentes, generalmente denota especialización, esta característica es claramente vista en los túbulos renales (Fox, 1977).

Los resultados obtenidos de las variaciones morfométricas de las células de Leydig, del epitelio y diámetro epididimal en la lagartija *Sceloporus mucronatus* coinciden con lo descrito para otras especies de lacertilios. Es evidente que a lo largo del año, existe una estrecha relación entre los cambios que ocurren en las células intersticiales (número, volumen celular y nuclear y secreción) y la estructura y morfología del epidídimo (diámetro, altura epitelial de los conductillos y conductos y la actividad secretora), con la actividad espermatogénica en el testículo.

S. mucronatus de la localidad estudiada presenta un ciclo reproductor estacional en donde la máxima actividad reproductora ocurre en el otoño. El ciclo espermatogénico presenta las fases típicas de todo ciclo (i, e., recrudescencia, máxima actividad testicular, regresión y quiescencia), pero de acuerdo a sus características histológicas Villagrán-Santa Cruz *et al.*, (1994) lo dividieron en siete estadios a lo largo del año. Es un ciclo que presenta una etapa de recrudescencia prolongada, que se va dando gradualmente y se prolonga a seis meses y medio (de enero a junio).

Durante la recrudescencia testicular, cuando en los túbulos seminíferos proliferan las espermatogonias durante los meses de enero y febrero; hay un mayor porcentaje de espermatoцитos primarios y secundarios de marzo a mayo y

un aumento de espermatidas e inicio de espermiogénesis en junio y julio, el número de células de Leydig muestra un incremento paulatino y no hay cambios significativos en su volumen celular y nuclear. Esta lenta y gradual transformación del proceso de espermatogénesis seguramente se va dando sin requerimiento estricto de hormonas derivadas de las células de Leydig, además de que el proceso de espermatogénesis es de costo energético relativamente bajo (Saint-Girons, 1985).

Se ha sugerido la hipótesis de que el inicio de la espermatogénesis en reptiles de crianza estacional (como lo es *S. mucronatus*) es comparable con el inicio de la pubertad en mamíferos (Lance, 1984). En estos últimos se ha propuesto que la iniciación de la meiosis es dependiente de la hormona folículo estimulante (FSH) y no requiere de altos niveles de andrógenos (Lance, 1984). Un considerable número de estudios en vivo e *in vitro* sugieren que la proliferación de espermatogonias tipo A, su transformación a tipo B, la formación de espermatocitos primarios y la larga profase meiótica hasta la diacinesis del espermatocito en paquíteno es hormonalmente independiente, cuando menos de manera cualitativa (Steinberger, 1974; Lostroh, 1976).

Este hecho puede estar relacionado con grandes cantidades de gotas sudanofílicas en el citoplasma de las células de Leydig, implicando con esto una acumulación de lípidos en el citoplasma como ocurre en la cobra *Naja naja* que durante la primavera antes de la espermiogénesis acumula lípidos en su citoplasma (Bona-Gallo *et al.*, 1980).

Durante este proceso de recrudescencia, es evidente la atrofia del epidídimo, en donde los conductillos y conductos muestran un decremento en el diámetro y altura epitelial de enero a junio. El epitelio de los conductos tiene una apariencia pseudoestratificada, probablemente por la proliferación celular. Faure, *et al.* (1987) indican que en cada ciclo nuevas células epiteliales se originan principalmente de pequeñas células basales indiferenciadas. En *Sceloporus mucronatus* a partir de julio es evidente un incremento en el diámetro y la altura epitelial de los conductos y se pierde la apariencia pseudoestratificada del epitelio, el cual se transforma en un epitelio cilíndrico secretor con núcleos basales, además se hacen evidentes las células basales adosadas a la membrana basal de los conductos. En cada ciclo anual el epidídimo de los lacertilios presenta renovación y multiplicación de las células epiteliales, diferenciándose hacia células secretoras y finalmente degeneración y completa desaparición (Faure, *et al.*, 1987). Dufaure *et al.*, (1987) indican que el primer signo de la reorganización del epitelio en *Lacerta vivípara*, es la aparición de grupos de pequeñas células epiteliales. La proliferación de estas células y su movimiento hacia el lumen, junto con el desplazamiento de los restos del viejo epitelio externo, constituyen una reorganización histológica radical, proceso que está controlado por la testosterona. Se ha observado que las células del epitelio de los conductos de epidídimo de lacertilios secretan una considerable cantidad de una proteína dependiente de andrógenos, la cual tiene la propiedad de unirse a la cabeza de los espermatozoides (Depeiges *et al.*, 1981, Depeiges y Dufaure, 1981; 1983).

Sceloporus mucronatus alcanza la máxima actividad testicular (i.e., máximo tamaño testicular y espermiogénesis) a fines del verano y principios del otoño (Villagrán-Santa Cruz *et al.*, 1994) un patrón similar al de otros Sceloporidos como *S. cyanogenys*, *S. jarrovi*, *S. poinsetti* (Guillette y Méndez-de la Cruz, 1993) y *S. torquatus* (Hernández, 1991).

Durante agosto y septiembre, cuando se alcanza la máxima actividad testicular son evidentes una gran cantidad de espermatozoides en la luz de los túbulos seminíferos, y en el tejido intersticial el número de células de Leydig alcanza el valor más alto (en agosto) y el máximo volumen celular y nuclear en septiembre. En esta etapa la secreción de las células de Leydig pierde su aspecto de gotas lipídicas y se observa más fina y más homogénea. Lofts (1968, 1969). Lofts y Tsui (1977) sugieren que una rápida reducción de material rico en colesterol que viene del tejido intersticial reptiliano es quizás indicio de una alta síntesis androgénica con una consecuente reducción del material precursor, también se sugiere un incremento intensivo de la reacción de la 3 β -HSD en este evento. En la serpiente *Naja naja* durante la época de reproducción las gotas lipídicas disminuyen en el citoplasma de las células de Leydig y se observan abundantes mitocondrias con crestas tubulares y retículo endoplásmico liso (Bona-Gallo *et al.*, 1980). Este hecho es respaldado porque el epidídimo se muestra altamente desarrollado y sus células epiteliales secretoras indican un alto nivel de circulación de andrógenos durante esta fase (Lance, 1984). En la tortuga *Trionix sinensis*, signos de una recuperación de la función secretora de las células

intersticiales es indicada por una reducción gradual de lípidos citoplásmicos.

Por otro lado, se ha registrado que en el proceso de espermatogénesis la terminación de la división meiótica, esto es, la maduración de espermatocitos hasta espermatozoides es dependiente de la hormona folículo estimulante (FSH). Además, tiene un absoluto requerimiento de andrógenos (testosterona) y estos provienen de la células de Leydig en respuesta a la hormona luteinizante (LH) (Steinberger, 1974; Lostroh, 1976; Lance, 1984). Sin embargo, la naturaleza del control de la hipófisis sobre la secreción de los esteroides y espermatogénesis aún es poco clara. Es posible que en lacertilios y serpientes todo el proceso este regulado por una sola gonadotropina como lo ha sugerido Licht (1977).

Entre los ordenes de los reptiles a pesar de la amplia divergencia morfológica y bioquímica, la característica común del ciclo espermatogénico es la elevada producción de testosterona por los testículos durante los estadios finales de la espermatogénesis (i.e., espermiogénesis), característica probablemente de ocurrencia universal en la gametogénesis de los amniotas (Lance, 1984).

Durante la máxima actividad testicular, el epidídimo muestra una hipertrofia debido al aumento significativo en el diámetro y altura epitelial de los conductos, mismos que presentan secreción en la luz mezclada con una gran cantidad de espermatozoides. Faure *et al.*, (1987) menciona que el epidídimo de lacertilios es un órgano andrógeno-dependiente que sufre dramáticas modificaciones durante el ciclo anual. Estos cambios están relacionados con la actividad secretora que alcanza máximos niveles durante el corto periodo reproductor. Es bien conocido

que las hormonas andrógenas, semejante a otros esteroides, actúan directamente sobre los núcleos (Mainwaring, 1977), donde ellos controlan las actividades de replicación y transcripción. Estos mecanismos han sido estudiados principalmente por métodos bioquímicos. Sin embargo, varios resultados a nivel morfológico proporcionan complementos útiles. Por lo tanto la morfología nuclear (volumen y aspecto de los componentes nucleares) generalmente está relacionada con actividades de síntesis nuclear (Arnold *et al.*, 1983). El desarrollo de la morfología y actividades nuclear y nucleolar puede ser relacionado con la concentración de testosterona en plasma. Además la actividad secretora del epidídimo de lacertilios andrógeno dependiente (Courty y Dufaure, 1982; Dufaure *et al.*, 1986) reveló una relación entre el contenido de testosterona en plasma por un lado y el desarrollo morfológico del epitelio por otro (Faure *et al.*, 1987). Durante la fase secretora, las células secretoras del epidídimo aparecen binucleadas. A diferencia de las células típicas del epidídimo de los mamíferos, las células secretoras en el epidídimo de lacertilios no tiene estereocilios apicales y son similares a las células de la vesícula seminal o de la próstata (Brandes, 1974).

Es bien conocido que el epidídimo de mamíferos está involucrado en la maduración espermática y es un proceso controlado por andrógenos (Orgebins-Crist *et al.*, 1975, 1976). Produce una variedad de polipéptidos y glucoproteínas que unidos a las secreciones proteicas de las glándulas sexuales accesorias pueden adherirse al espermaozoide e inducir modificaciones fisiológicas (Russell *et al.*, 1984). En reptiles las glándulas sexuales son menos diversificadas que en

mamíferos, en realidad el epidídimo y el segmento sexual del riñón (en lacertilios y serpientes) son las estructuras secretoras y esta actividad secretora es controlada por andrógenos y la testosterona es probablemente la hormona activa (Dufaure y Gigon, 1975; Depeiges y Dufaure, 1977; Depeiges *et al.*, 1981). La testosterona ha sido detectada en plasma sanguíneo y ocurren cambios en su concentración dependiendo del periodo del año (Courty y Dufaure, 1979, 1980, 1982). Estas fluctuaciones parecen estar correlacionadas con la evolución cíclica del testículo y el tracto genital, particularmente el epidídimo y sus secreciones.

A partir de octubre el número de células de Leydig disminuyen significativamente pero sus volúmenes celulares y nucleares permanecen con valores altos y la secreción continua con su aspecto fino y homogéneo coincidiendo con el inicio de la regresión testicular, esto es que hay una erosión gradual y reducción del epitelio germinal. Los túbulos seminíferos están delineados por espermatogonias entremezcladas con células de Sertoli, pequeños grupos de espermatocitos primarios, secundarios y espermatidas en espermiogenesis y pocos espermatozoides en la luz.

En noviembre continúa la regresión testicular, el número de células de Leydig disminuye y el volumen celular y nuclear disminuyen significativamente. Durante este proceso de regresión testicular en octubre y noviembre el epidídimo aún se observa hipertrofiado, los diámetros y la altura epitelial de los conductos aún permanecen con valores altos y hay una gran cantidad de espermatozoides en la luz mezclados con secreción. Las células epiteliales secretoras toman una

apariencia columnar haciéndose evidente la presencia de células secretoras claras y oscuras, los núcleos son desplazados hacia la parte media por grandes vacuolas mientras que las células basales permanecen mucho más pequeñas adosadas a la pared de los conductos del epidídimo. Con relación a esto último, en *Lacerta vivípara* esta diferenciación de células claras y oscuras está relacionada con el inicio de un proceso degenerativo destacando la destrucción del epitelio (Dufaure *et al.*, 1986).

En diciembre cuándo los testículos entran en etapa de quiescencia, el epitelio germinal consta de espermatogonias y células de Sertoli entremezcladas, estos tipos celulares descansan sobre la base de los túbulos seminíferos; algunos túbulos presentan restos celulares y espermatozoides en degeneración. El número de células de Leydig se mantiene en valores bajos lo mismo que su volumen celular y nuclear. La secreción en el citoplasma vuelve a tomar el aspecto de gotas lipídicas.

En este mes el epidídimo se reduce (atrofia) debido principalmente a la reducción del diámetro y altura epitelial de los conductillos y conductos, además de que ya no son evidentes espermatozoides en la luz. En la serpiente *Naja naja* después de la época reproductiva las células de Leydig manifiestan un estado no secretor, presentan masas de colesterol, el retículo endoplásmico liso se esparce y las mitocondrias con cresta lamelar reaparecen (Bona-Gallo *et al.*, 1980).

En esta etapa de quiescencia testicular, el epidídimo regresa a su apariencia de atrofia ya que se reduce notablemente su volumen, debido principalmente a la

disminución significativa del diámetro y altura epitelial de los conductos y a la carencia de espermatozoides en la luz. Esto coincide con el cese de secreción, la apariencia picnótica de los de los núcleos y su desplazamiento hacia la parte más apical de las células, crecimiento de la vacuola basal. Dufaure *et al.*, (1986) mencionan que citológicamente la degeneración del epitelio al final del período reproductor y su subsecuente reorganización son notables en *Lacerta vivípara*. El cese de secreción es precedida por la formación de gránulos de estructura heterogénea, grandes vacuolas artófagas. Algunas células pierden su parte apical, la cual es liberada hacia el lumen como franjas de epitelio. Células muertas pueden implicar dos mecanismos, necrosis y apoptosis (Faure *et al* 1987). La apoptosis implica contracción progresiva del volumen celular y condensación general de la cromatina. En el epidídimo de lacertilios en esta fase de atrofia, sólo un número limitado de células sufren necrosis. La mayoría de ellas sufre algún otro proceso, tal vez parecido a la apoptosis.

Los resultados de esta investigación indican que la lagartija *Sceloporus mucronatus* de la población de Tecocomulco Hidalgo, presenta una estrecha relación entre el número y volumen celular y nuclear de las células de leydig y el diámetro y la altura epitelial de los conductos del epidídimo con el proceso de espermatogénesis a lo largo del año (Figs. 21 y 22). Los máximos valores en el diámetro de los túbulos seminíferos y tamaño de las células epiteliales del epidídimo, se observan cuando el ciclo reproductivo esta en la etapa de espermiogénesis, durante el otoño. Coincidiendo con el máximo número de células

de Leydig y volumen de su núcleo, así como la mayor cantidad de espermatozoides en la luz de los túbulos seminíferos y epidídimo. Estos resultados coinciden con lo registrado para la población del Parque Nacional del Ajusco, D. F., Estrada *et al.* (1990); difiriendo únicamente en el tiempo en el que ocurre esta actividad, ya que en los machos de esa población ocurre durante la primavera.

CONCLUSIONES

- Conforme avanza el proceso espermatogénico en la lagartija *Sceloporus mucronatus* de la localidad de Tecocomulco, Hidalgo, el número, volumen celular y volumen nuclear de las células de Leydig presentó cambios a través del año. Cuando la espermatogénesis llegó a su máxima actividad estos parámetros alcanzaron sus valores más altos, durante los meses de julio, agosto y septiembre.
- La actividad secretora de las células de Leydig tiene un papel importante en el proceso espermatogénico, ya que el requerimiento de testosterona en la espermatogénesis es indispensable. Los resultados nos dan evidencias que existe una estrecha relación entre la actividad secretora con el proceso de espermatogénesis a lo largo del año.
- Los conductillos epididimarios no tienen cambios significativos en el diámetro, sin embargo, la altura del epitelio sí presentó variaciones significativas a lo largo del año. Posiblemente su función es solo de transporte de los espermatozoides hacia los conductos del epidídimo.
- Los conductos epididimarios de *S. mucronatus* sufren cambios en el diámetro y en la altura de su epitelio a través del año, dependiendo de los cambios que ocurren en las células de Leydig. Esto se ve reflejado en el aumento del diámetro, altura epitelial y secreción de estos conductos durante el proceso de

espermiación, ya que en esta parte del ciclo reproductor, los espermatozoides están siendo expelidos del testículo al epidídimo y se requiere de mayor capacidad de almacenaje, transporte y condiciones adecuadas para los espermatozoides.

- Las variaciones de las células de Leydig y del epidídimo están estrechamente relacionadas entre sí y con el ciclo reproductor del animal, presentando picos en sus valores durante la máxima actividad testicular y siendo ligeramente posteriores los cambios del epidídimo con respecto a los cambios de las células de Leydig.

LITERATURA CITADA

- Altland, P. D. 1941. Annual reproductive cycle of the male fence lizard. F. Elisha Mitchell scient. Soc. 57, 73-83.
- Alverdes, K. 1928. Die Epididymis der Sauropsiden im Vergleich zu Säugetier und Mensch, Z. mikr.-Anat. Forch. 15, 405-471.
- Badir, N. 1958. Seasonal variation in the male urogenital organs of *Scincus scincus* L. and *Chalcides ocellatus* Forsk. Z. miss. Zool. 160, 290-351.
- Bacetti, B., E. Bigliardi, M.V. Tallui and A.G. Burrini. 1983. The sertoli cell in lizards. J. Ultrastruct. Research 85:1-23.
- Baillie, A. H., M.M. Ferguson and D. McK Hart. 1966. Development in Steroid Histochemistry. London: Academic Press.
- Ballinger, R. E. 1973. Comparative demography of 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.
- Banks, W. J. 1986. Histología Veterinaria Aplicada. Edit. Manual Moderno. México, D. F. 606-628. pp.
- Bellaire, A. D'A. 1970. "The Life of Reptiles", vols. I, II. Universe Books, New York.
- Björnsing, L. 1967. On the morphology and endocrine function of granulosa cells in ovarian follicles and corpora lutea. Acta Endocrinol. Copenhagen, Suppl. 125-56.
- Blount, R. 1929. seasonal cycles of the interstitial cells in the testis of the horned toad (*Prynosoma solare*). J. Morphol. 48, 317 – 343.
- Bona-Gallo, A., P. Licht, D.S. McKenzie and B. Lofts. 1980. Annual cycles in pituitary and plasma gonadotropin, gonadal steroids and thyroid activity in the chinese cobra (*Naja naja*). Gen. Comp. Endocrinol. 42:477 - 493 pp.
- Bons, J. and H. Saint-Girons, 1963. Ecologie et cycle sexual des amphibiaiens du Maroc. Bull. Soc. Sci. nat. Maroc 43:117 – 170.

- Bourgat, R. 1968. Recherches sur les variations annuelles de la spermatogenèse chez le *Chamae pardalis* Cuvier d' Ile de la Réunion. Vie Milieu 19, 497– 551.
- Callard, I. P. 1967. Testicular steroid synthesis in the snake, *Natrix sipedon pictiventris*. J. Endocrinol. 37:105-106.
- Callard, I. P. G.V. Callard, V. Lance and S. Eccles. 1976. Seasonal changes in testicular structure and function and the effects of gonadotropins in the freshwater turtle, *Chrysemys picta*. Gen. Comp. Endocrinol. 30:347-356.
- Callard, I. P. and K. J. Ryan. 1977. Gonadotropin action and androgen synthesis in enzyme dispersed testicular cells of the turtle *Chrysemys picta*. Gen. Comp. Endocrinol. 31:414-421.
- Callard, I. P., G.V. Callard, V. Lance, J.L. Bolaffi and J.S. Rosset. 1978. Testicular regulation in nonmammalian vertebrates. Biol. Reprod. 18-43.
- Callard, I. P. and S. M. Ho 1980. Seasonal Reproductive Cycles in Reptiles. Prog. Reprod. Biol. 5:5-38.
- Courrier, R. 1929. Les modifications saisonnières de l' appareil urogénital chez *Uromastix acanthinurus* (Bell). Archs Anat. micr. Morph. exp. 25:388-394.
- Courty, Y. and J. P. Dufaure. 1979. Levels of testosterone in the plasma of the viviparous lizards (*Lacerta vivipara* Jacquin) during the annual cycle. Gen. Comp. Endocrinol. 39:336-342.
- Courty, Y. and J. P. Dufaure. 1980. Levels of testosterone, dihydrotestosterone and androstenedione in the plasma and testis of a lizard (*Lacerta vivipara* Jacquin) during the annual cycle. Gen. Comp. Endocrinol. 42:325-333.
- Courty, Y. and J. P. Dufaure. 1982. Circannual testosterone, dihydrotestosterone and androstenediols in plasma and testis of *Lacerta vivipara*, a seasonally breeding viviparous lizard. Steroids 39:517-529.
- Cuellar, H. and J. Fawcett. 1972. The male sexual cycle of the lesser earless lizard, *Holbrookia maculata maculata* (Reptilia: Iguanidae). J. Colorado-Woming Acad. Sci. 7:abstract 110.

- Daniels, E. L., P. Licht and A. Bona-Gallo. 1979. Relation between biological poency and clearance rates of gonadotropins in the lizards, *Anolis carolinensis*. Gen. Comp. Endocrinol. 38:21-27.
- Depeiges, A. and J. P. Dufaure. 1977. Secretary activity of the lizard epididymis and its control by testosterona. Gen. Comp. Endocrinol. 33:473-479.
- Depeiges, A. and J. P. Dufaure. 1981. Major proteins secreted by the epididymis of *Lacerta vivipara*. Isolation and characterization by electrophoresis of the central core Biochim Biophys Acta 628:109-115.
- Depeiges, A., G. Betail and J. P. Dufaure. 1981. Time course of appearance in vivo and in vitro of a specifoc epididymal protein controlled by testosterone. Biol Cell 42: 49-55.
- Derickson, W.K. 1976. Ecological and Phisiological aspects of reproductive strategies in two lizards. Ecology 47:445-458.
- Dufaure, J. P. 1968. L' ultrastructure des cellules interstitielles du testicule adulte chez deux reptiles lacertiliens: Le lézard vivipare (*Lacerta vivipara* Jacquin) et l'orvet (*Anguis fragilis* L.). C. R. Acad. Sci., Paris 267:883-885.
- Dufaure, J. P. 1969. Ultrastructural features of steroid secreting cells in reptiles. Gen. Comp. Endocrinol. 13:502.
- Dufaure, J. P. and J. P. M. Mesure. 1967. Donnees preliminaires sur l' activité steroids 3β -ol-deshydrogenasique chez l'embryon de lézard vivipare et de lézard vivipare (*Lacerta vivipara* Jacquin). C. R. Acad. Sci. Paris .265:1215-1218.
- Dufaure, J. P., A. Gigon. 1975. Action des hormones endrogenes sur l' epididyme d'un Reptile Lacertilien, *Lacerta vivípara*. Effect de la testosterone et de ses principaux metobolotes en culture organotypique. Gen. Comp. Endocrinol 25:112-120.
- Dufaure, J. P. and M. Chambón. 1978. Uptake of H testosterone in several organs of the male viviparous lizard (*Lacerta vivipara* Jacquin) and selective retention by the epididymis. Gen. Comp. Endocrinol. 36:23-29.

- Dufaure, J. P., Y. Courty, A. Depeiges, M. Mesure and M. Chevalier. 1986. Evolution and Testosterone Content of the Epididymis During The annual Cycle of the Lizard *Lacerta vivipara*. *Biology of Reproduction* 35, 667-675.
- Dutta, S. K. 1944. Studies on the sexual cycle in the lizard *Hemidactylus flaviviridis* (Rüppel). *Allahabad Univ. Stud. Zoology Sect.* 59-153.
- Duvall, D., L. J. Guillette and R. E. Jones. 1982. Environmental control of reptilian reproductive cycles. In: C. Gans (ed) : *Biology of the Reptilia*, vol. 13. London: Academic Press.
- Elliott, S. A. 1980. Testicular and adrenal morphology during the annual reproductive cycle of the lizard *Eumeces obsoletus* (Scincidae). Thesis Degree of Master of Science. Wichita State University.
- Estrada, F., M. Villagrán-Santa Cruz, F. R. Méndez-de la Cruz and G. Casas-Andreu. 1990. Gonadal changes throughout the reproductive cycle of the viviparous *mucronatus* (sauria: Iguanidae). *Herpetologica* 46(1):43-50.
- Evans, L. H. and M.L. Clapp. 1940. the effects of ovarian hormones and seasons on *anolis carolinensis*. *Anat. Rec.* 77:57-75.
- Faure, J., M. Mesure, M. Tort and J. P. Dufaure. 1987. Polyploidization and other nuclear changes during the annual cycle of and androgen-dependent organ, the lizard epididymis. *Biol Cell* 60:193-208.
- Fawcett, J. 1972. The reproductive cycle of *Hoplodactylus pacificus* (Reptilia: Gekkonidae). *J. Colorado-Wyoming Acad. Sci.* 7:114.
- Forbes, T. T. 1941. Observations on the urogenital anatomy of the adult male lizard, *Sceloporus* and on the action of implanted pellets of testosterone and of oestrone. *J. Morph.* 68:31-69.
- Forbes, T. R. 1961. Endocrinology of reproduction in cold-blooded vertebrates. In *Sex and internal secretions*. 2:1035-1087. Young, W. C. (ed) Baltimore: Williams and Wilkins.
- Fox, H. 1970. Tissue degeneration: an electron microscopic study of the pronephros of *Rana temporaria*. *J. Embriol, exp. Morph.* 34:139-157.

- Fox, W. 1952. Seasonal variation in the male reproductive system of Pacific coast garter snakes. *J. Morph.* 90:481-553.
- Fox, W. 1958. Sexual cycle of the male lizard, *Anolis carolinensis*. *Copeia* 1958(1):22-29.
- Fox, W. 1977. The Urogenital System of Reptiles. In: C. Gans, and T. S. Parsons (eds). *Biology of the Reptilia*, vol, 6. New York: Academic Press.
- Fox, W. and H. C. Dessauer. 1958. Response of the male reproductive system of lizard *Anolis carolinensis* to unnatural day lengths indifferent season. *Biol. Bull.* 115:421-439.
- Frisell, W. R. 1982. *Human Biochemistry*. Toronto: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Gigon-Depeiges, A., and I. P. Dufaure. 1977. Secretory activity of the lizard epididymis and its control by testosterone. *Gen. Comp. Endocrinol.* 33 : 473-479.
- Goldberg, S. R. 1971. Reproductive cycle of the iguanid lizard *Sceloporus jarrovi* Cope. *Herpetologica* 27:121-131.
- Goldberg, S. R. 1977. Reproduction in a montain population of the side-blotched lizard, *Uta stansburiana* (Reptilia, Lacertilia, Iguanidae). *J. Herpetol.* 11:31-35.
- Grignon, G. and M. Grignon. 1965. Variations cycliques de l'activité des glandes endocrines chez les reptiles. *Exerpta Medica (Congr. Ser.)* 83:106-113.
- Guillette, L. J. Jr. 1983. Notes concerning reproduction of the montane skink, *Eumeces copei*. *J. Herpetol.* 17:144-148.
- Guillette, L. J. Jr. and G. Casas Andreu. 1980. Fall reproductive activity in the high altitude Mexican lizard *Sceloporus gramicus microlepidotus* Sc. *J. Herpetol.* 14:143-147.
- Guillette, L. J. Jr., J. Weigel and G. Flater. 1983. Unilateral testicular pigmentation in the Mexican lizard *Sceloporus variabilis*. *Copeia.* 1:155-161.
- Guillette, L. J. Jr. and 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. and D. Bearce. 1986. Reproductive and fat body cycles in the lizard, *Sceloporus grammicus disparilis*. *Trans. Kansas Acad. Sci.* 89:361-371.

- Guillette, L. J. Jr. and F. R. Méndez-de la Cruz. 1993. The reproductive cycle of the viviparous mexican lizard *Sceloporus torquatus*. J. Herpetol. 27(2): 168-174.
- Guraya, S. S. and G. S. Greendwald. 1964. Histochemical studies on the interstitial gland in the rabbit ovary. Amer. J. Anat. 114:448-457.
- Hahn, W. E. 1964. Seasonal changes in testicular and Epididymal histology and spermatogenic Rate in the Lizard *Uta Stansburiana stejnegeri*. J. Morph. 115:447-460.
- Hamilton, D. W. 1975. Structure and function of the epithelium lining the ductuli efferents, ductus epididymidis and ductus deferens in the rat. In: Handbook of physiology. Sec. 7, Endocrinology, Vol. V. Washington: American Physiologi Society. pp. 259-301.
- Herberer, G. 1930. Das Hodeninterstitium von *Varanus komodoensis* Ouwens. Z. Mick.-anat.Forsch. 20, 388-416.
- Herlant, M. 1933. Recherches histologiques et expérimentales sur les variations cycliques du testicule et des caractères sexuelssecindaires chez les reptiles. Archs Biol (Liège) 44 :347-468.
- Hernández, A. J. 1991. Cambios histológicos del testículo y epidídimo de la lagartija vivípara *Sceloporus torquatus torquatus* durante el ciclo anual. Universidad Nacional Autónoma de México. 65 pp.
- Johnson, L. F., J. S. Jacob and P. Torrance. 1982. Annual testicular and androgenic cycles iof the cottonmouth (*Agkistrodon piscivorous*) in Alabama. Herpetol. 38:16-25.
- Jones, R. E. 1970. Effect of season and gonadotropin on testicular interstitial cells of California quail. Auk 87:729-37.
- Jones, R. E. 1973. Differential effects of ovine LH and human chorionic gonadotropin on testicular interstitial cells of the lizard *Leiolopisma laterale*. Gen. comp . Endocinol. 20:567-571.
- Jones, R. E. 1984. The Adult Male Reproductive System. In: Human Reproduction and sexual Behavior. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

- Kehl, R. 1944. Étude de quelques problèmes d'endocrinologie génitale chez certaine reptiles su Sud-Algérien. *Revue Can. Biol.* 3:131-219.
- Kehl, R. and Combescot. C. 1955. Reproduction in the Reptilia. *Mem. Soc. Endocr.* 4:57-74.
- Kuchling, G., R. Skolek-Winnisch and E. Bramberg. 1981. Histochemical and biochemical investigation of the annual cycle of testis, epididymis and plasma testosterone of the tortoise, *Testudo hermanni hermanni* Gmelin. *Gen. Comp. Endocrinol.* 44:194-201.
- Lance, V. 1984. Endocrinology of Reproduction in male reptiles. *Symp. Zoo. Soc.*
- Licht, P. 1967. Enviromental control of annual testicular cycles in the lizard *Anolis carolinensis*. II Seasonal variations in the effects of photoperiod and temperature on testicular recrudescence. *J. Expt. Zool.* 166:243-254.
- Licht, P. 1971. Regulation of the annual testis cycles by photoperiod and temperature in the lizard *Anolis carolinensis*. *Ecology.* 52: 240-252.
- Licht, P. 1972a. Action of mammalian pituitary gonadotropins (FSH and LH) in reptiles. I. Male snakes. *Gen. Comp. Endocrinol.* 19:273-281.
- Licht, P. 1972b. Action of mammalian pituitary gonadotropins (FSH and LH) in reptiles. II. Turtles. *Gen. Comp. Endocrinol.* 19:282-289.
- Licht, P. 1974. Luteinizing hormone (LH) in the reptilian pituitary gland. *Gen. Comp. Endocrinol.* 22:463-469.
- Licht, P. 1977. Evolution in the roles of gonadotropins in the regulation of tetrapod testis. In: J. H. Calaby and C. H. Tyndale-biscoe (eds.), *Reproduction and evolution.* Australian Acad. of Sciences, Camberra, pp. 101-110.
- Licht, P. 1979. Reproductive endocrinology of reptiles and amphibians. *Ann. Rev. Phisiol.* 41:337-351.
- Licht, P. 1982. Endocrine patterns in the reproductive cycle of turtles. *Herpetol.* 38: 51-61.
- Licht, P. 1983. Evolutionary divergence in the structure and fuction of pituitary gonadotropins of tetrapod vertebrates. *Amer. Zool.* 23:673-683.

- Licht, P. and A. K. Pearson. 1969. Effects of mammalian gonadotropins (FSH and LH) on the testes of the lizard *Anolis Carolinensis*. Gen. Comp. Endocrinol. 13:367-381.
- Licht, P. and A. Bona-Gallo. 1978. Immunochemical relatedness among pituitary gonadotropins of tetrapod vertebrates. Amer. Zool. 23:673-683.
- Lofts, B. 1968. Patterns of Testicular Activity. In E. J. W. Barrington and C. B. Jorgensen (eds): Perspectives in Endocrinology: Hormones in the lives of lower Vertebrates. New York: Academic Press.
- Lofts, B. 1969. Seasonal cycles in reptilian testes. Gen. Comp. Endocrinol. Suppl. 2:147-155.
- Lofts, B. 1972. The sertoli cells. Gen. Comp. Endocrinol. Suppl. 3:636-648.
- Lofts, B. 1977. Patterns of spermatogenesis and steroidogenesis in male reptiles. In: J. H. Calaby and C. H. Tyndale-biscoe (eds.), Reproduction and Evolution. Australian Acad. of Sciences. Canberra. pp. 127-136.
- Lofts, B. 1987 Testicular Function. In Hormones and reproduction in Fishes Amphibia and Reptiles. Edit by David O. Norris and Richard E. Jones (Plenum Publishing Corp. 1987). New York 283-325.
- Lofts, B., and H. A. Bern. 1972 Functional Morphology of Steroidogenic Tissue. In: D. R. Idler (ed): Steroids in Nonmammalian Vertebrates. New York: Academic Press.
- Lofts, B. and H. W. Tsui 1977. Histological and histochemical changes in the gonads and epididymis of the male soft-shelled turtle. *Trionyx sinensis*. J. Zoo., London 181:57-68.
- Lothrop, A. J. 1976. Hormonal control of spermatogenesis, In: C. H. Spilman (ed.). Regulatory mechanisms of male reproductive physiology. Excerpta Medica, Amsterdam, Netherlands.
- Mainwaring, W. I. P. 1977. The mechanisms of action of androgens, In: Monographs on endocrinology, Vol. 10. New York, Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag, pp. 8-15.

- Mayhew, W. W. 1971. Reproduction in the desert lizard *Dipsosaurus dorsalis*. *Herpetologica* 27:57-77.
- Mayhew, W. and S. J. Wright, 1970. Seasonal Changes in testicular histology of three species of the lizard genus *Uma*. *J. Morph.*, 130:163-186.
- Méndez-de la Cruz, F. R. y M. Villagrán-Santa Cruz. 1983. Contribución al conocimiento de la ecología y ciclo reproductor de la lagartija vivípara *Sceloporus mucronatus mucronatus*. Tesis profesional, ENEP., Iztacala, UNAM. Mex.
- 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.
- Miller, M. R. 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. R. 1959. the endocrine basis for reproductive adpatations in reptiles. In: "comparative Endocrinology" A. Gorbman (ed.), John Wiley, New York. pp. 499-516
- Miller, M. R. 1963. The histogenesis of the endocrine organs of the viviparous lizard *Xantusia vigilis*. *Gen. Comp. Endocrinol* 3:579-605.
- Newlin, N. 1976. Reproduction in the bunch grass lizard, *Seloporus scalaris*. *Herpetol.* 32:171-184.
- Orgebins-Crist, M. C. B. J. Danzo and J. Davis. 1975. Endocrine control of the development and sperm fertilizing ability in the epididymis. In: *Handbook of Physiology, Sec. 7. Endocrinology, Vol. V.* Washington: American Physiological Society, pp. 319-318.
- Orgebins-Crist, M. C., N. Jahad, L. H. Hoffman. 1976. The effects of testosterone, 5 α y dihydrotestosterona, 3 α androstenediol and 3 β androstenediol on the maturation of rabbit epididymal spermatozoa in organ culture. *Cell Tissue Res* 167:515-525.

- Ortega, A. and R. Barbault. 1984. Reproductive cycles in the mesquite lizard, *Sceloporus grammicus*. J. Herpetol. 18:168-175.
- Pearson, A. K., H. W. Tsui and P. Licht. 1976. Effect. Of temperature on spermatogenesis, on the production and action of androgens and on the ultrastructure of gonadotropic cells in the lizard *Anolis carolinensis*. J. Exp. Zool. 95:291-304.
- Prakash, A., and H. D. M. Moore. 1982. Localization of Δ^5 -3 β - and 17 β -hydroxysteroid dehydrogenase activity in the efferent ducts, epididymis and vas deferens of the rabbit, hamster and marmoset monkey. J. Reprod. Fert. 66:95-100.
- Regamey, J. 1936. Les caractères sexuelles du lézard (*Lacerta agilis* L.). rev. Suisse Zool. 42 :87-168.
- Reiss, P. 1923. sur les caractères sexuels secondaires chez le lézard male. C. R. Soc. Biol., paris 88:445-447.
- Reynolds, A. E. 1943. The normal seasonal reproductive cycle in the male *Eumeces fasciatus* together with some observations on the effects of castration and hormone administration. J. Morphol. 72:331-337.
- Russel, L. D., P. N. Peteros, W. Hunt and L. E. Strack. 1984. Post-testicular surfase modifications and contributions of reproductive tract fluids to the surface polypeptide composition of boar spermatozoa. Biol Reprod (Suppl 30) 1:137.
- Steinberger, E. 1974. Maturation of male germinal epithelium. In: M. M. Grumbach, G. D Grave, and F. E. Mayer (eds.). Control onset of Puberty. Dover, New York.
- Saint Girons, H. 1957. Le cycle sexuel chez *Vipera aspis* (L.) dans l'Ouest de la France. Bull Biol Fr Belg 91:284-350.
- Saint Girons, H. 1967. Le cycle sexuel et les correlations hypophyso-genitales des males chez *Agama bibroni* Dumeril au Maroc. Bull. Biol. 4:321-343.
- Saint Girons, H. 1982 Reproductive cycles of male snake and their relationship whit climate and female reproductive cycles. Herpetology 38:5 – 16.

- Saint Girons, 1985. Comparative data on lepidosaurian reproduction and some time table. In: C. Gans (ed.). Biology of the Reptilia. Vol. 15 Academic, Nueva York.
- Smyth, M. and M. Smith. 1968. Obligatory sperm storage in the skink *Hemiergis peronii*. Science 161:575-576.
- Tinkle, D. W. and R. E. Ballinger. 1972. *Sceloporus undulatus*: a study of the intraespecific comparative demography of a lizard. Ecology 53:570-584.
- Trauth, S. E. 1979. Testicular cycle and timing of reproduction in the collared lizard (*Crotaphytus collaris*) in Arkansas. Herpetological. 35 (2):184-192.
- Tsui, H. W. 1976. Stimulation of androgen production by the lizard testis: site of action of ovine FSH and LH. Gen. Comp. Endocrinol. 28:386-394.
- Upadhyay, S. N. and S. S. Guraya. 1972. Histochemical observations of the interstitial gland (or Leydig) cells of the lizard testis. Gen. Comp. Endocrinol. 19:88-95.
- Uribe A. M. C. 2002. Aparato reproductor masculino. En: Estrada, F. E. y Uribe A M. (Compiladoras). Atlas de Histología de vertebrados, Universidad Nacional Autónoma de México, pc.133-148.
- vanTienhoven, A. 1983. Reproductive Physiology of Vertebrates, 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press.
- Varano, L., F. Della-Conte and M. Galano. 1973. Further observations on the fine structure of the Leydig cells of *Lacerta sicula sicula* Rafinesque during the annual cycle and alter temperatura changes. Monitore Zool. Ital. 7:167-180.
- Villagrán-Santa Cruz, M., F. R. Méndez-de la Cruz, y L. Parra-Gómez. 1994. Ciclo espermatogénico del lacertilio *Sceloporus mucronatus* (Reptilia, Sauria, Phrynosomatidae). Rev. Biol. Trop. 42:289- 296.
- Vinegar, M. B. 1975. Demography of the striped plateau lizards, *Sceloporus virgatus*. Ecology 56:172-182.
- Vitt, L. J. 1982. Reproductive tactics of *Ameiva ameiva* (Lacertilia: Teiidae) in a seasonally fluctuating tropical habitat. Can. J. Zool. 60:3113-3120.

- Vitt, L. J. and S. R. Goldberg. 1983. Reproductive ecology of two tropical iguanid lizard: *Tropidurus torquatus* and *Platynotus semitaeniatus*. *Copeia*. 1:131-142.
- Weddington, S. C. 1975. Sertoli cell function after hypophysectomy. *Nature*, London 254:145-146.
- Weil, M. R. and B. H. Johnson. 1981. Stress-induced alterations in secretion of corticosteroids, progesterone, luteinizing hormone, and testosterone in bulls. *Endocrinol.* 109:185-190.
- Wilhoft, D. C. 1963. Gonadal histology and seasonal changes in the tropical Australian lizard, *Leiopisma rhomboidalis*. *J. Morphol.* 103:185-204.
- Wilhoft, D. C. and W. B. Quay. 1961. Testicular histology and seasonal changes in the lizard *Sceloporus occidentalis*. *J. Morphol.* 108:95-106.
- Wilhoft, D. C. and E. O. Reiter. 1965. sexual cycle of the lizard *Leiopisma fuscum*, a tropical Australian skink. *J. Morph.* 108:379-388.
- Zug, G. R., M. M. Berber and J. C. Dudley. 1982. Gonadal histology and reproduction in *Carlia bicarinata* (Scincidae, Sauria, Reptilia) of the Port Moresby area, Papua New Guinea. *Herpetologica*. 38:418-425.

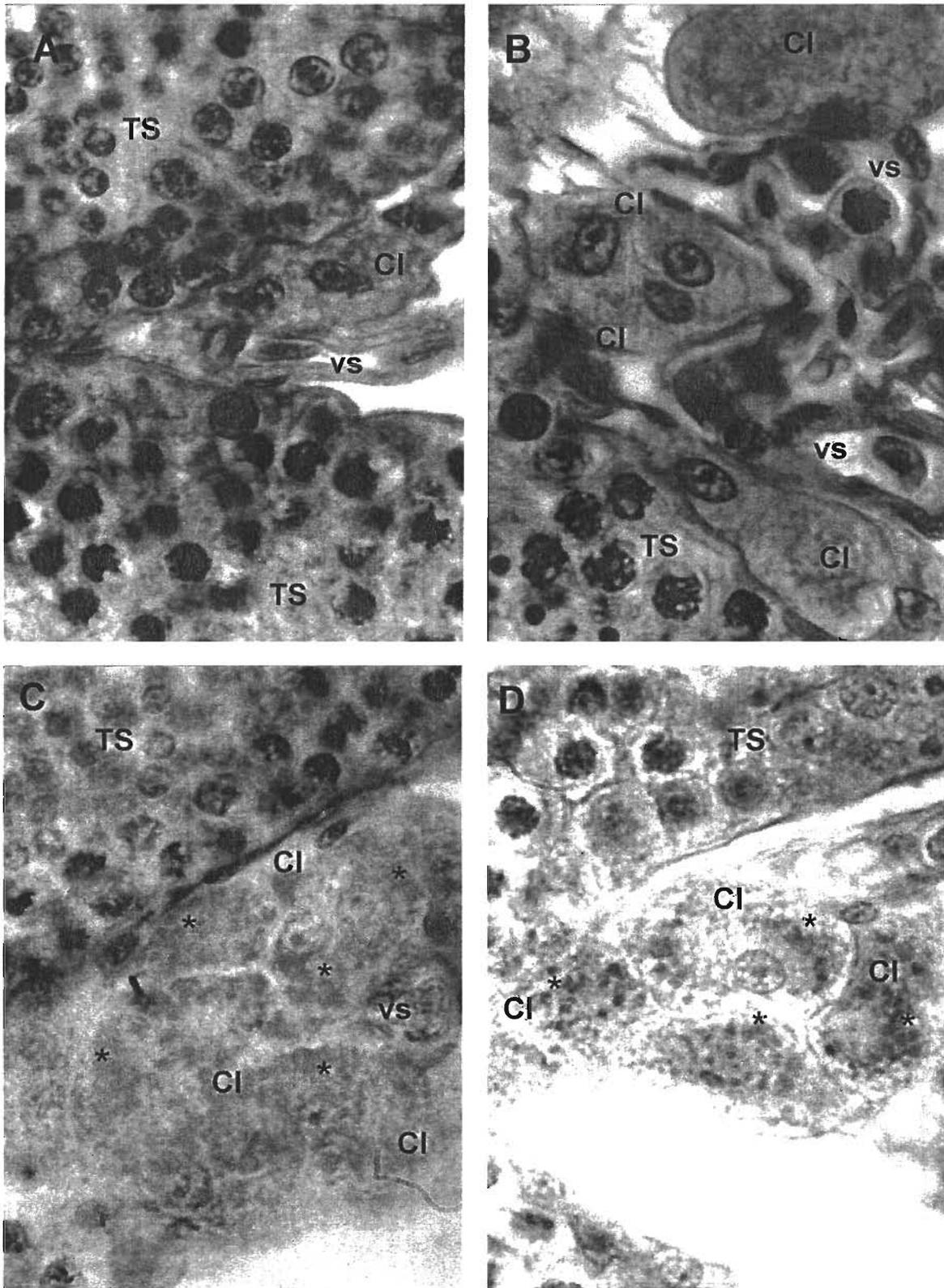


Fig. 3. Células de Leydig de la lagartija *Sceloporus mucronatus* en diferentes etapas reproductoras A. Recrudescencia (junio). B y C. Máxima actividad testicular (septiembre). D. Quiescencia (diciembre). CL, célula de Leydig; TS, túbulo seminífero; vs, vaso sanguíneo; Secresión sudanofílica (*). A y B, Masson, C y D, Sudan 1250X.

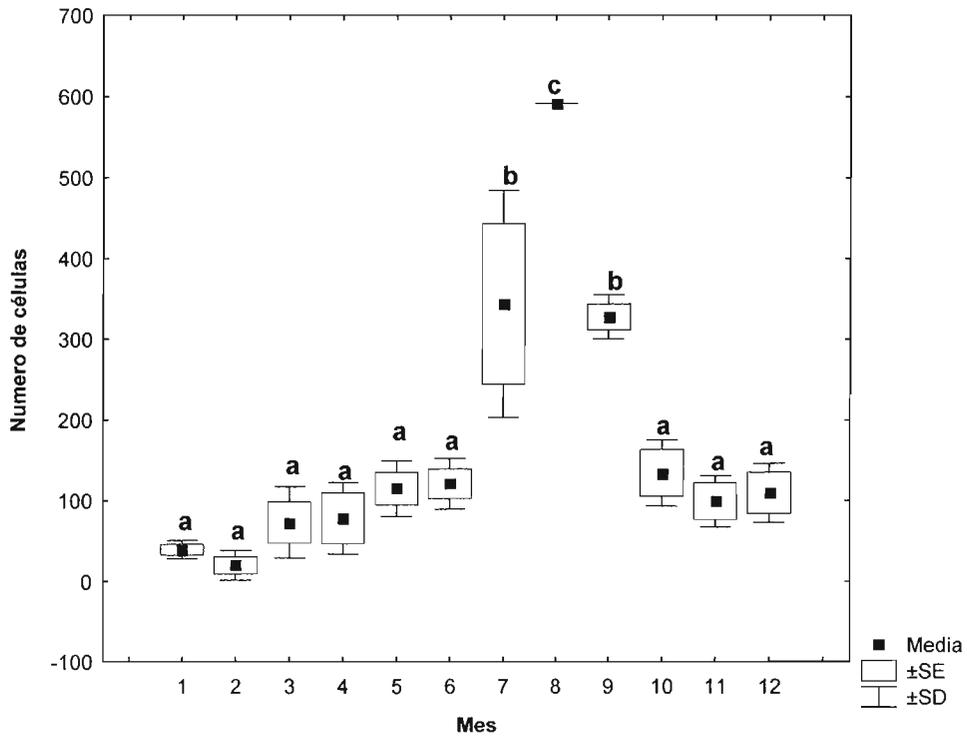


Fig. 4. Variación en el número de células de Leydig a través del año en la lagartija *Sceloporus mucronatus* de la localidad de Tecocomulco, Hidalgo. Los valores con diferente letra superior son significativamente diferentes.

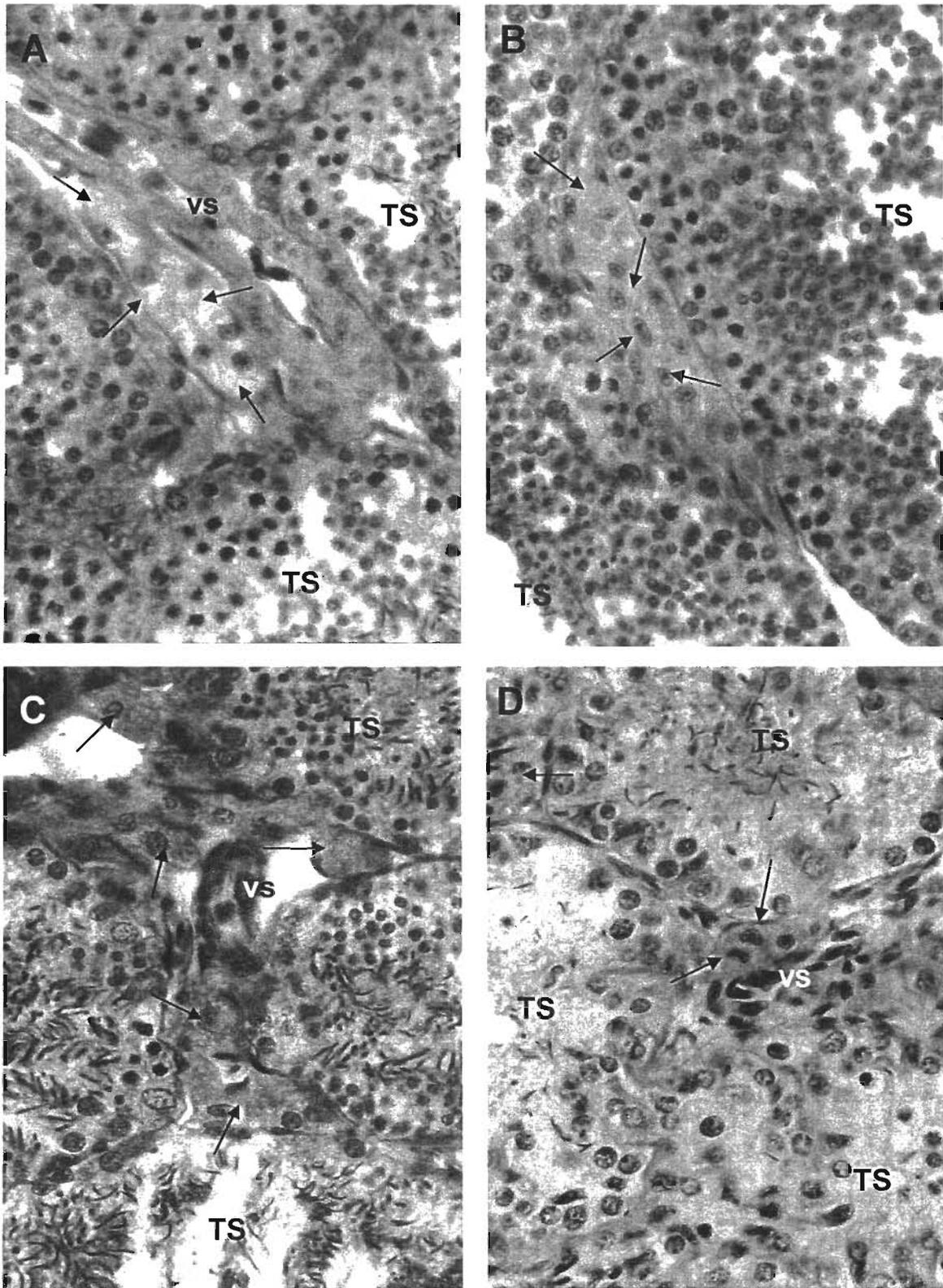


Fig. 5. Aspecto del número y volumen de las células de Leydig de la lagartija *Sceloporus mucronatus*, en diferentes etapas reproductoras. A. recudescencia (enero). B. recrudescencia (julio) C. Máxima actividad reproductora (septiembre). D. Quiescencia (diciembre). Células de Leydig (↗); TS, Túbulo seminífero; vs, vaso sanguíneo. Masson. 500X.

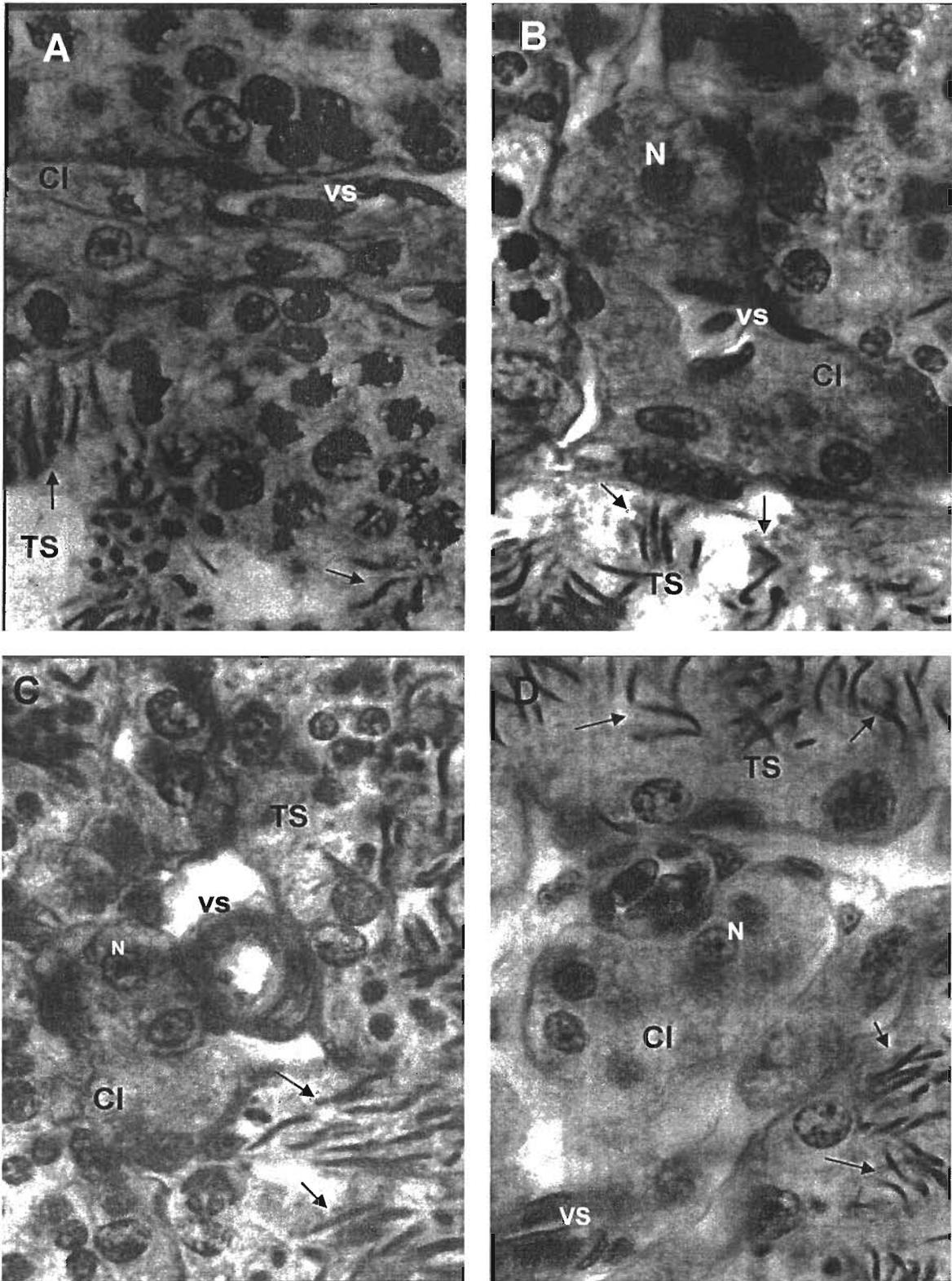


Fig. 6. Aspecto del volumen y número de las células de Leydig de *S. mucronatus*, en diferentes etapas reproductoras. A. Recrudescencia (junio). B. Máxima actividad testicular (agosto). C y D. Regresión (octubre y noviembre). Cl, célula de Leydig; (↖) espermatozoides; N, núcleo; TS túbulo seminífero; vs, vaso sanguíneo.. Masson 1250X

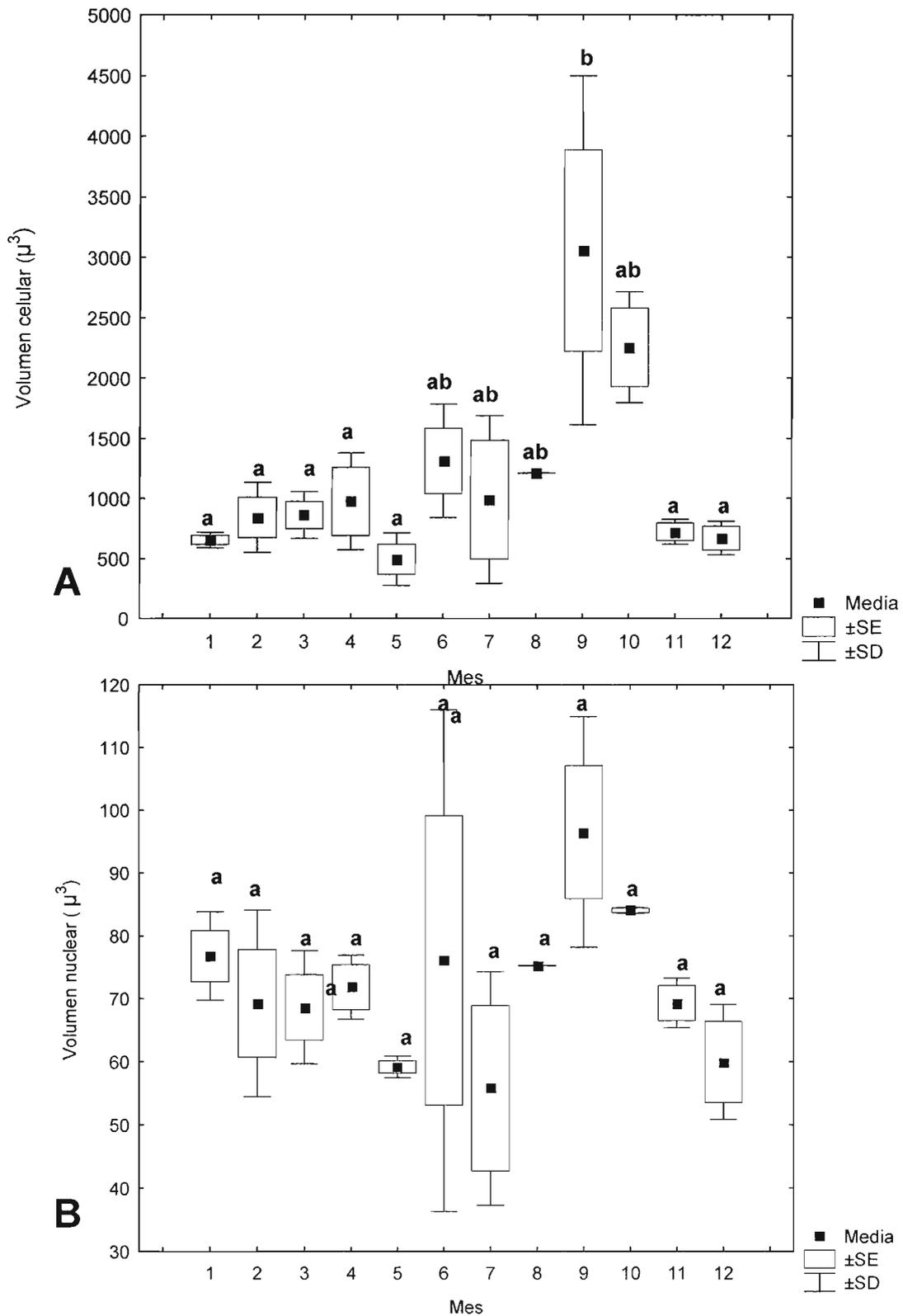


Fig. 7. Cambios en el volumen celular (A) y volúmen nuclear (B) de células de Leydig a través del año en la lagartija *Sceloporus mucronatus* de la localidad de Tecocomulco, Hidalgo. Los valores con diferente letra superior son significativamente diferentes.

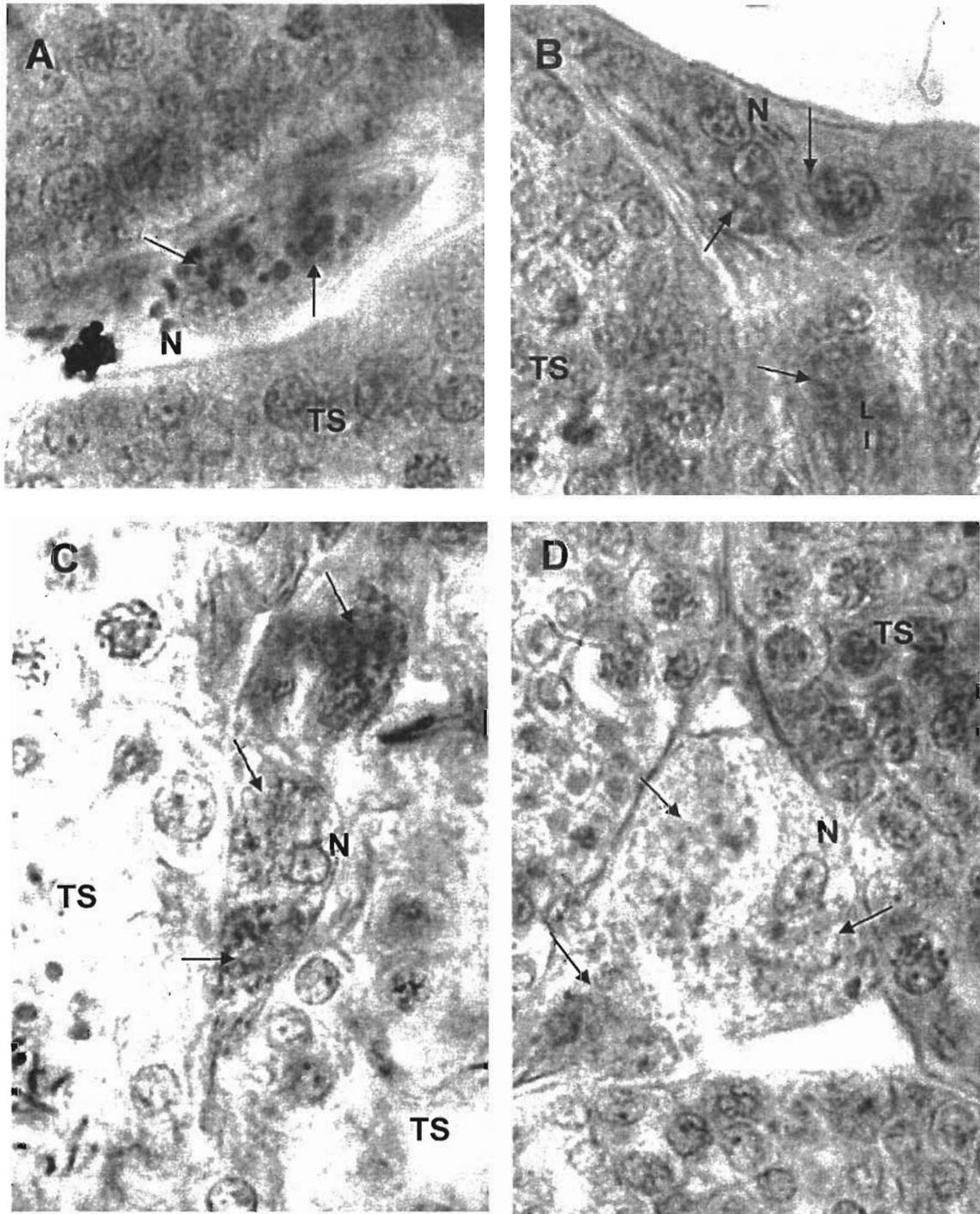


Fig. 8. Células de Leydig de la Lagartija *Sceloporus mucronatus* en diferentes etapas reproductoras. A y B, recrudescencia (enero - julio); C, regresión (noviembre) D, Quiescencia (diciembre). N, núcleo. (↖) secreción lipídica. TS, túbulo seminífero. Sudan, 1250X.

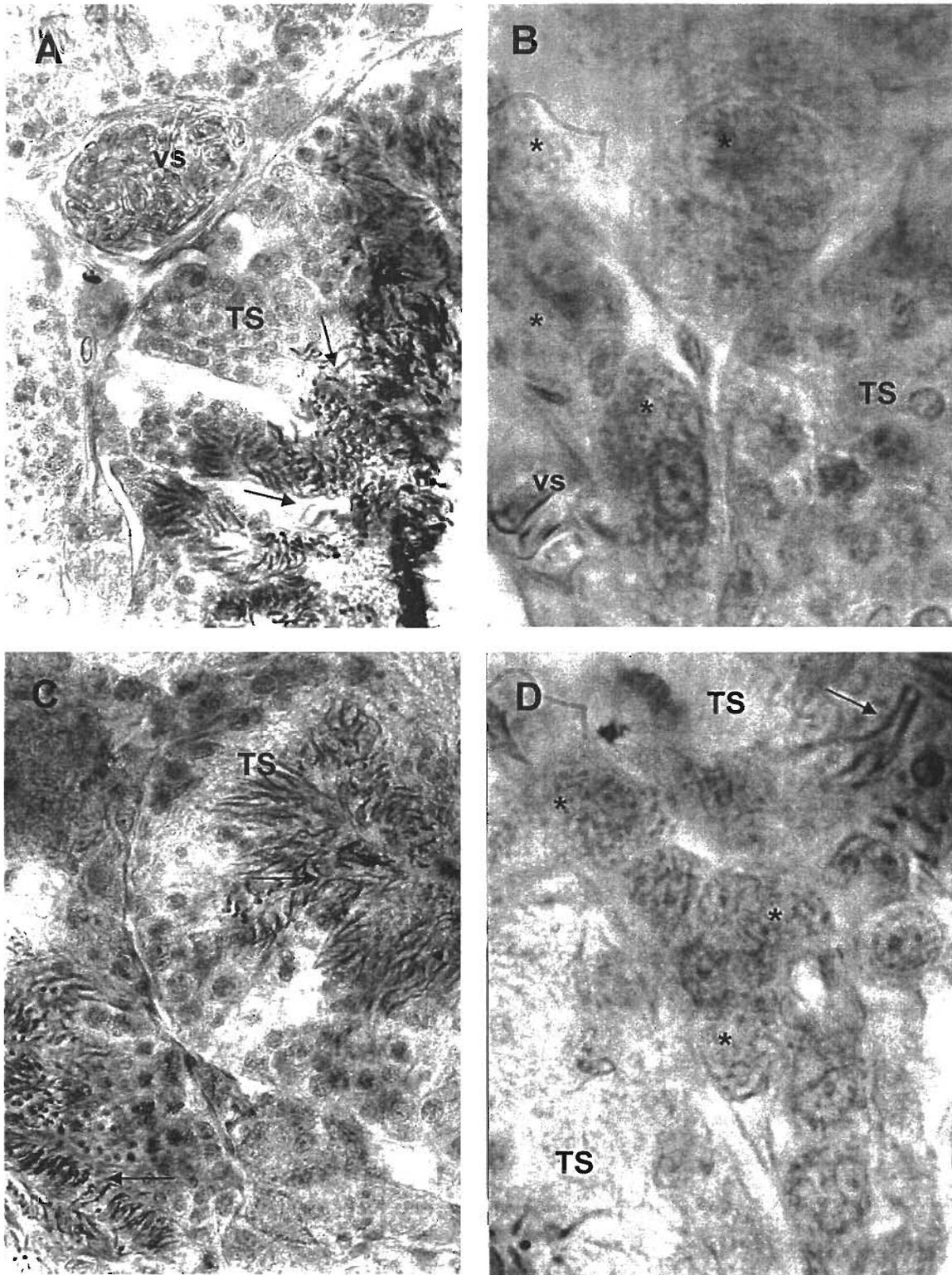


Fig. 9. Aspecto del número, volumen y secreción lipídica de las Células de Leydig de la lagartija *Sceloporus mucronatus*. A y B. máxima actividad reproductora (septiembre). C y D. regresión testicular (octubre); (◄) espermatozoides; vs vaso sanguíneo. (*) secreción lipídica; TS, Túbulo seminífero. Sudan. A y C, 600X. B y D, 1250X.

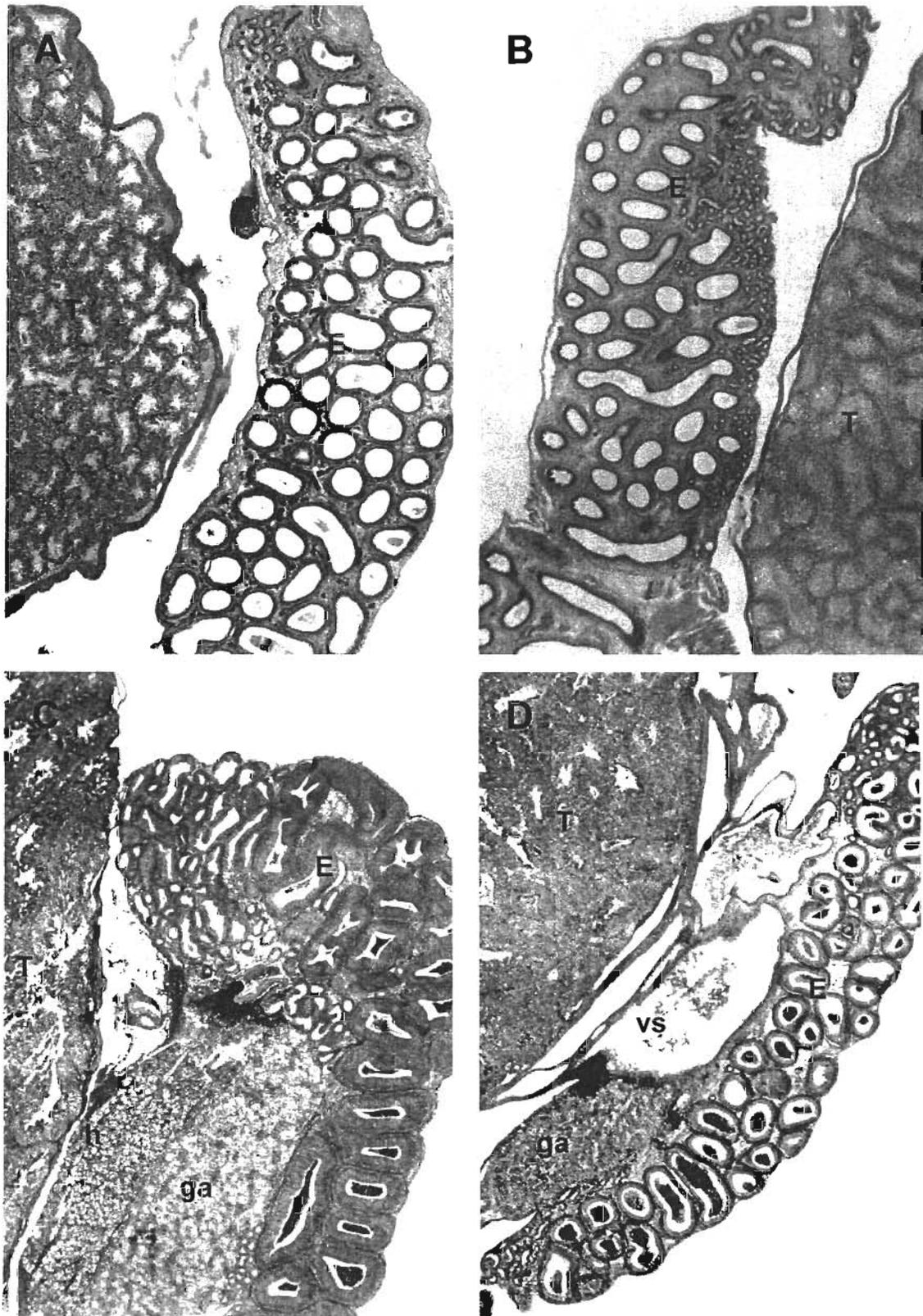


Fig. 10. Epidídimo de la lagartija *Sceloporus mucronatus* en diferentes etapas reproductoras . A y B Recrudescencia (enero y marzo). C. máxima actividad reproductora (septiembre). D. Quiescencia (diciembre). E, epidídimo; ga, glándula adrenal; h, hígado; T, testículo; v, vaso sanguíneo. Masson 31X.

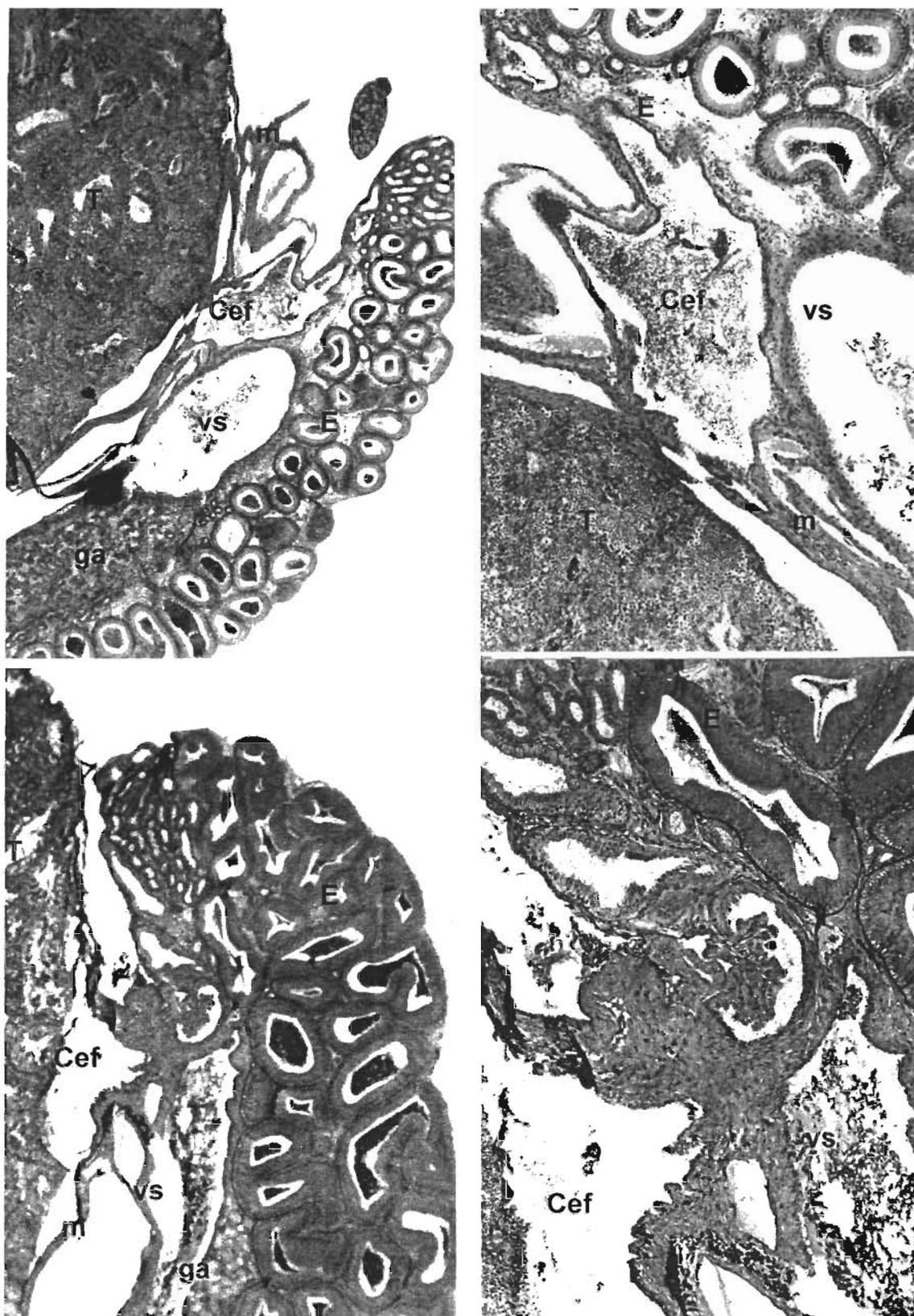


Fig. 11. Relación del testículo con el epidídimo de la lagartija *Sceloporus mucronatus*. A. diciembre 31X. B. detalle de la figura anterior, 78X. C. Agosto, 31X. D. Detalle de la figura anterior, 78X. Cef, conducto eferente; E, epidídimo; ga, glándula adrenal; m, mesenterio; T, testículo; vs, vaso sanguíneo, Masson.

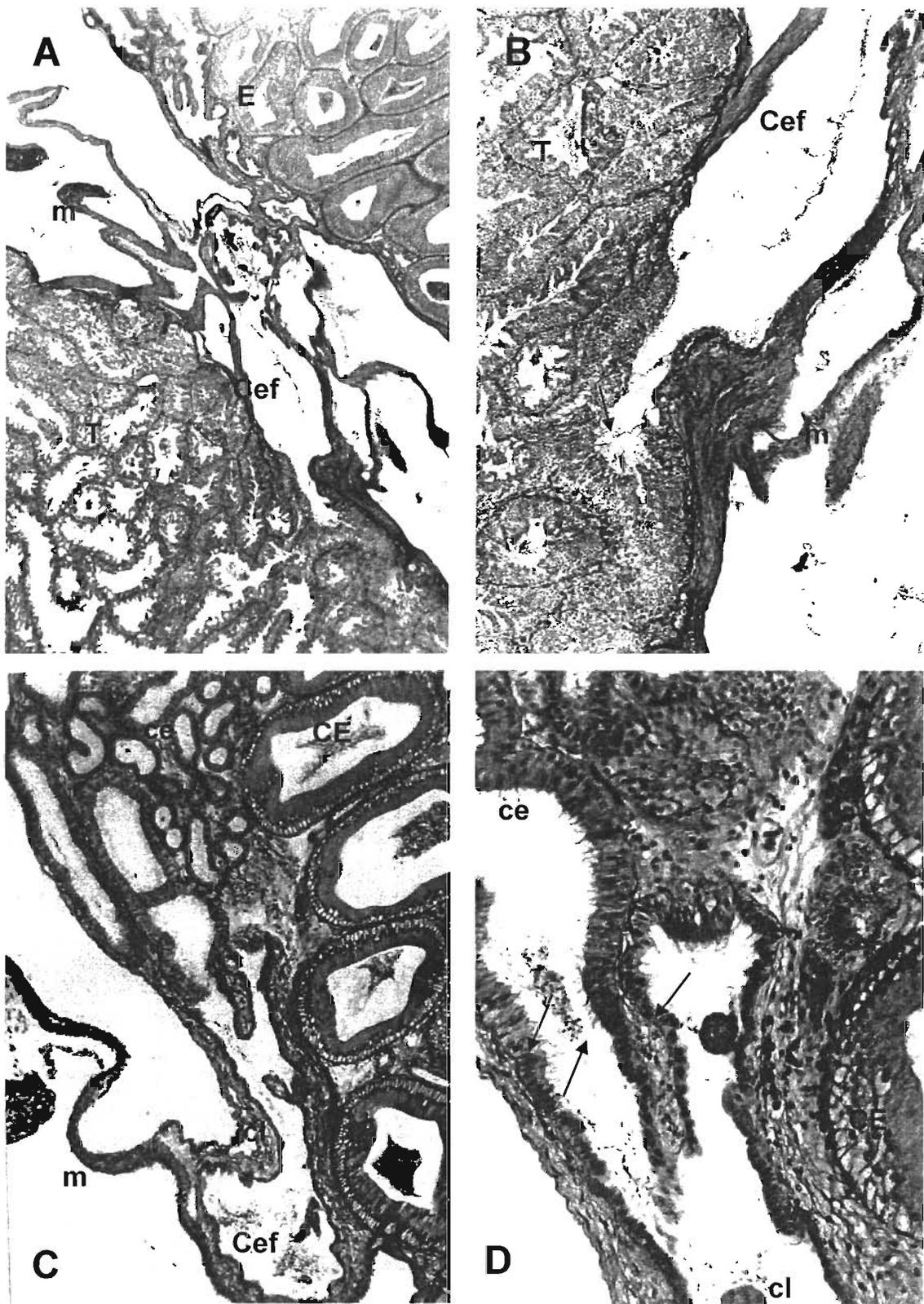


Fig. 12. Relación del testículo con el epidídimo de la lagartija *Sceloporus mucronatus*. A. Conducto eferente saliendo del testículo, H-E, 31X. B. Detalle de la figura A, 78X. C. Conducto eferente entrando al epidídimo. D. Detalle de la figura C, 200X. Cef, conducto eferente; CE, conducto epididimario; E, epidídimo; ce, conductillo epididimario; cl, canal longitudinal; E, epidídimo; m, mesenterio; T, testículo. Note el cambio en el epitelio del canal longitudinal anterior (↗). Masson, 78X.

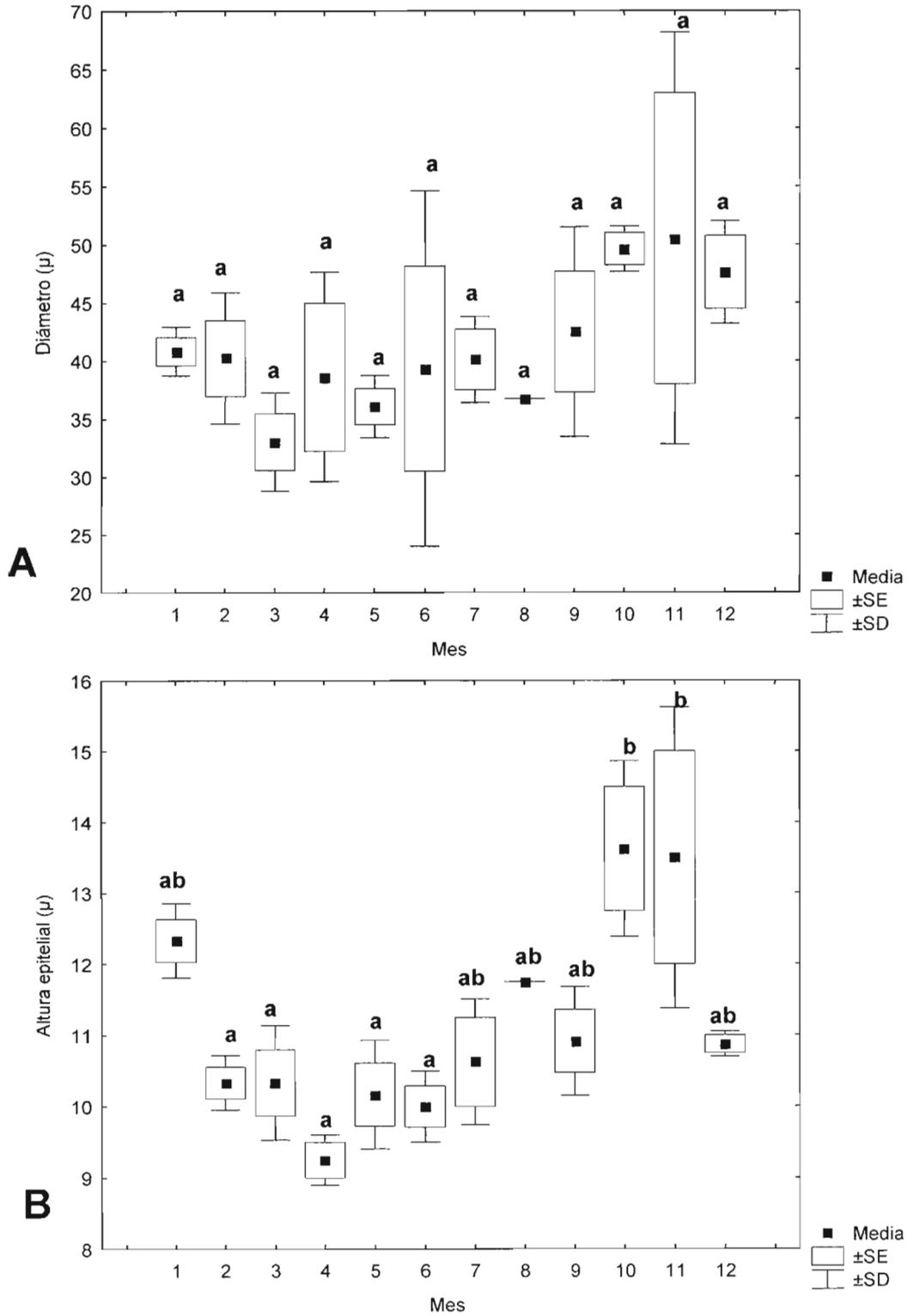


Fig. 13. Cambios en el diámetro (A) y altura epitelial (B) de los conductillos epididimarios a través del año en la lagartija *Sceloporus mucronatus*, de la localidad de Tecocomulco, Hidalgo. Los valores con diferente letra superior son significativamente diferentes.

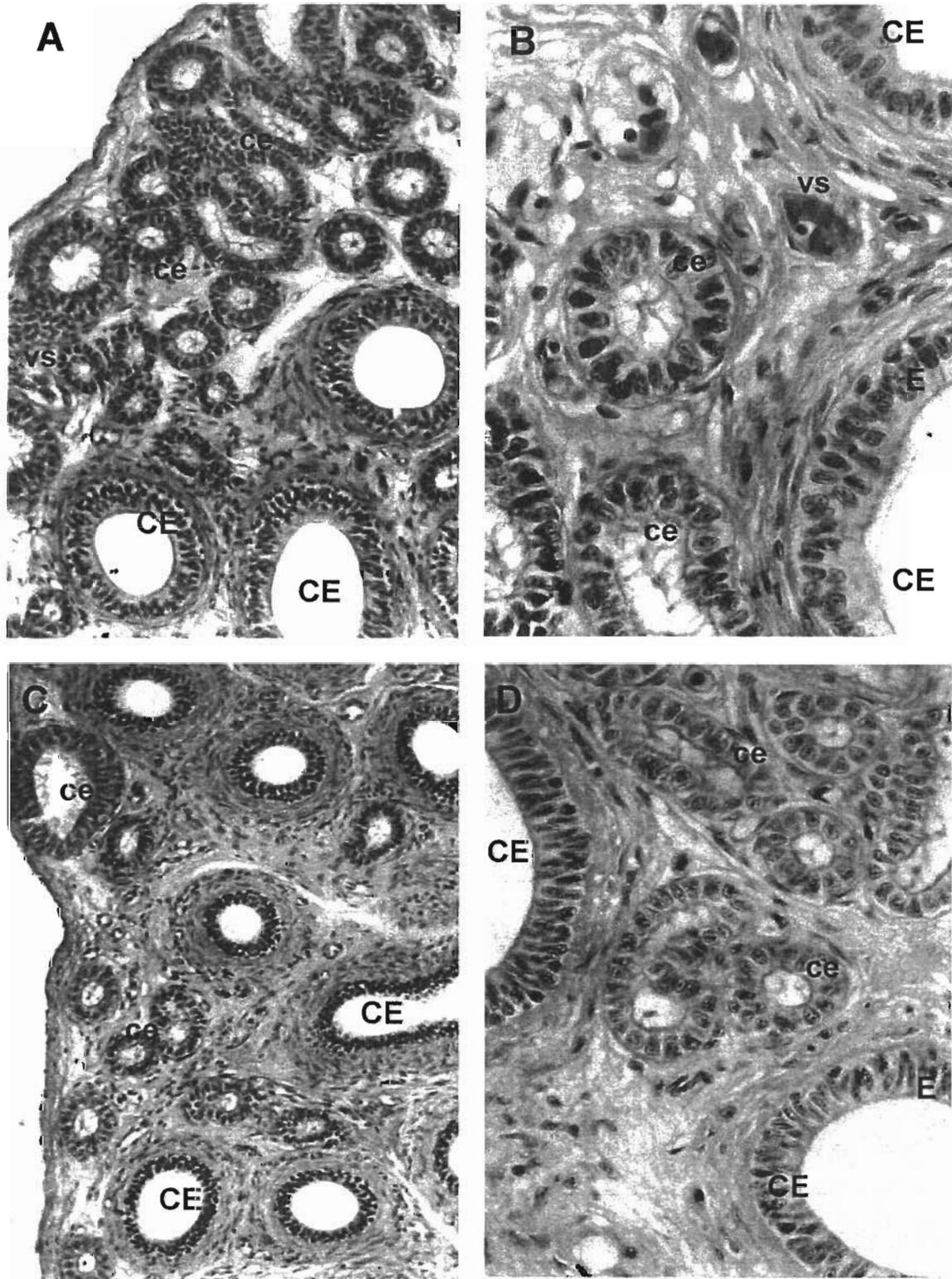


Fig. 14. Estructura del epidídimo de la lagartija *Sceloporus mucronatus* durante la recrudescencia temprana. A y B enero. C y D mayo. ce, conductillos epididimarios con estereocilios; CE conductos epididimarios; E, epitelio; vs vaso sanguíneo. Masson. A y C 300X, B y D 600X.

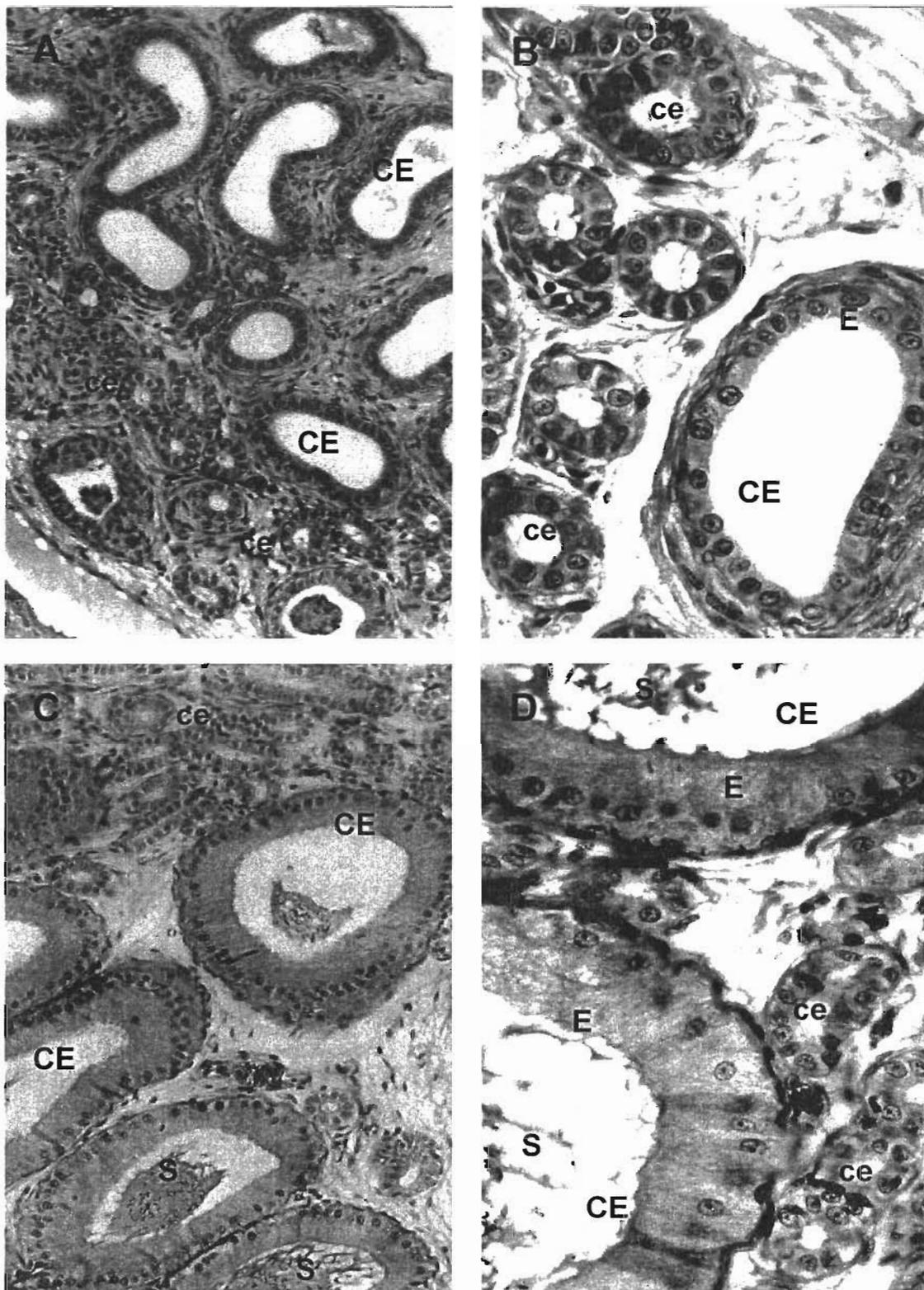


Fig. 15. Estructura del epidídimo de la lagartija *Sceloporus mucronatus* durante la recrudescencia. A y B junio. C y D julio. ce conductillos epididimarios. CE, conductos epididimarios. E, epitelio; S, secreción. Masson. A y C 300X. B y D 600X.

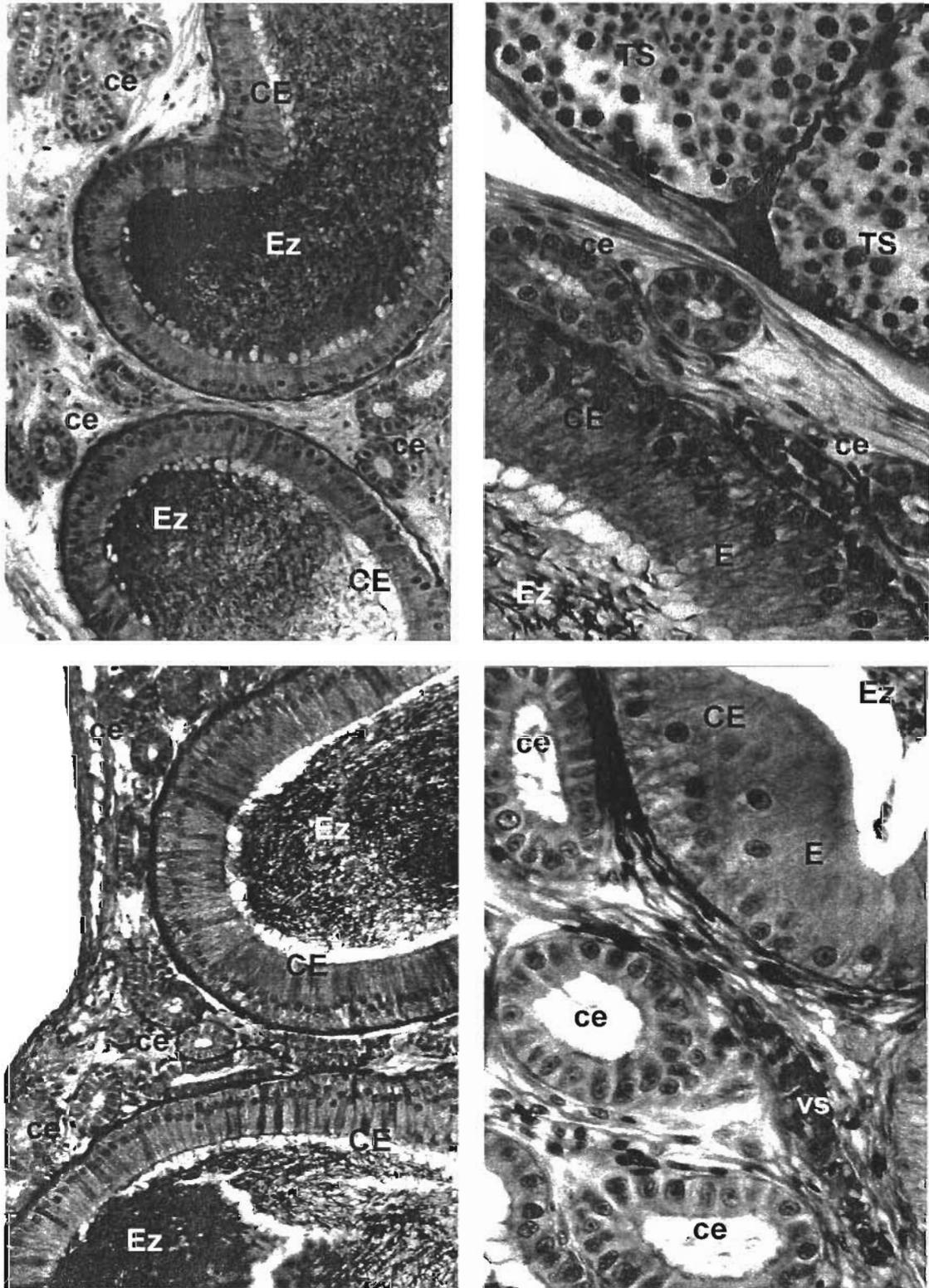


Fig. 16. Epidídimo de la lagartija *Sceloporus mucronatus* durante la máxima actividad reproductora. A y B agosto. C y D septiembre. ce, conductillo epididimario; CE, conducto epididimario; E, epitelio; Ez, espermatozoides; TS, túbulo seminífero; vs, vaso sanguíneo; Masson. A y C 300X, B y D 600X.

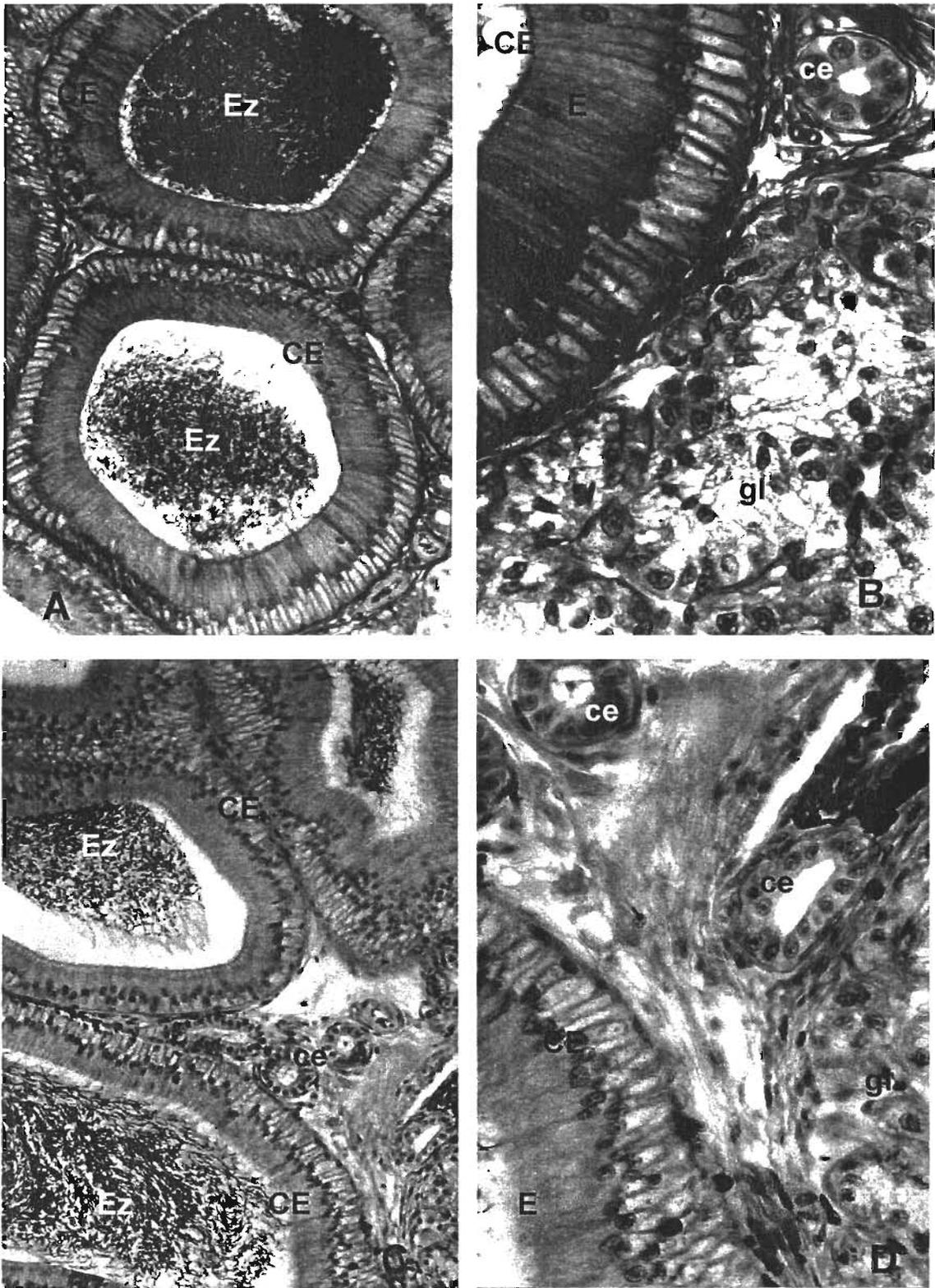


Fig. 17. Epidídimo de *Sceloporus mucronatus* durante la regresión testicular. A y B, octubre. C y D, noviembre. cd, conductillos epididimarios; CD, Conductos epididimarios, E, epitelio, ga, glándula adrenal. Ez, espermatozoides. Masson. A y C 300X. C y D 600X.

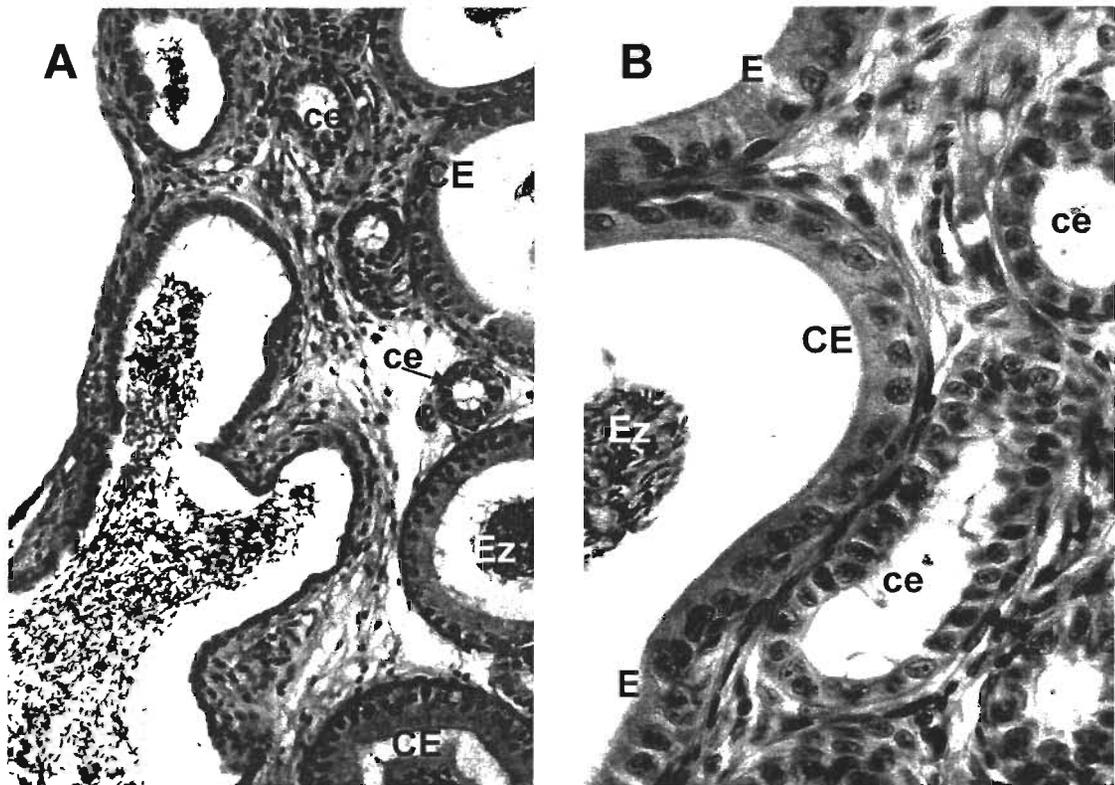


Fig. 18. Conductos y conductillos epididimarios de la lagartija *Sceloporus mucronatus* durante la quiescencia testicular en diciembre. ce, conductillos epididimarios; CE conductos epididimarios; E, Epitelio; EZ, Espermatozoides. Masson. A. 300X, B. 600X.

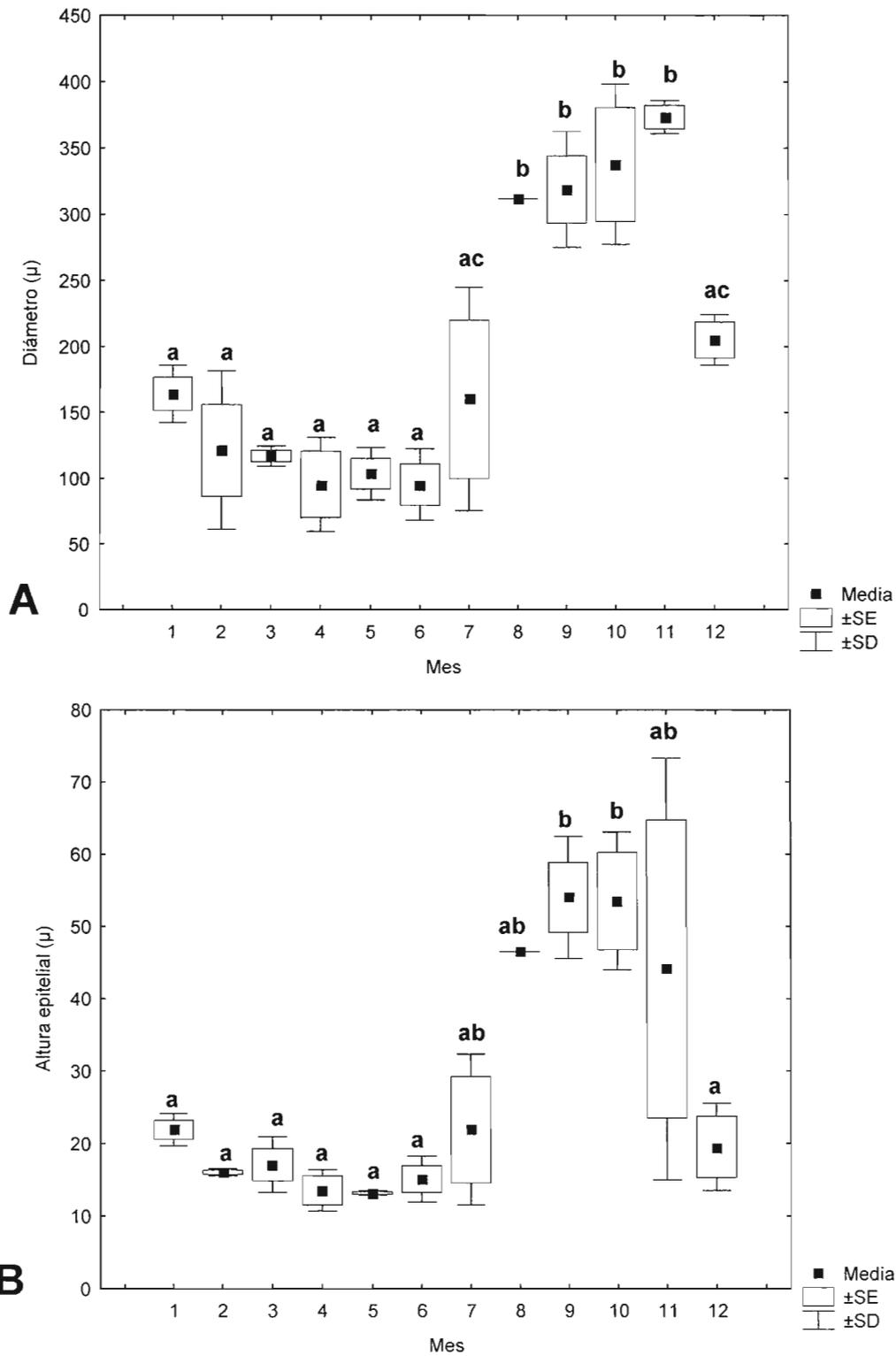


Fig.19. Cambios en el diámetro **(A)** y altura epitelial **(B)** de los conductos epididimarios a través del año en la lagartija *Sceloporus mucronatus* de la localidad de Tecocomulco, Hidalgo. Los valores son diferente letra superior son significativamente diferentes.

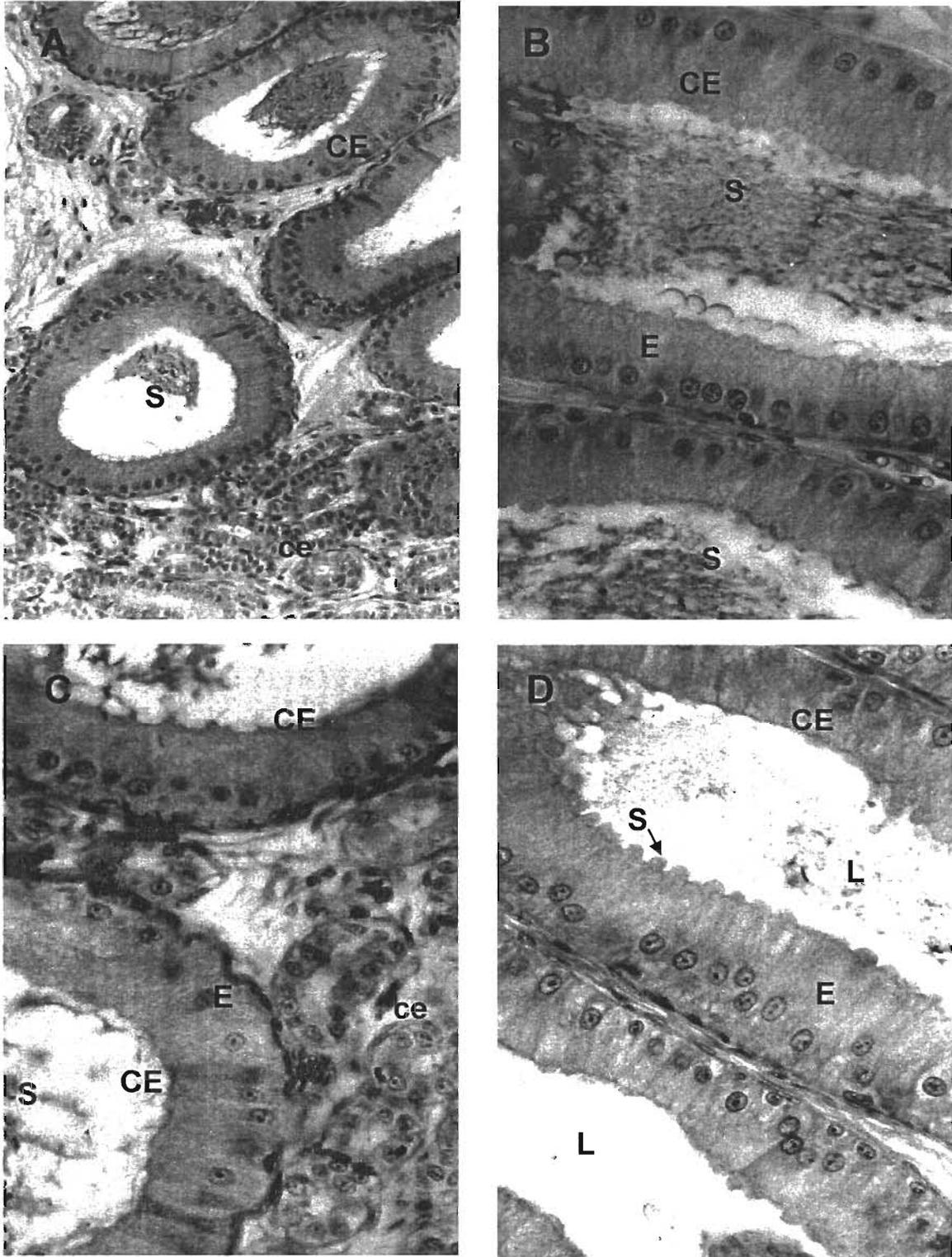


Fig. 20. Epidídimo de lagartija *Sceloporus mucronatus*, durante la recrudescencia testicular en el mes de julio. Note el cambio en el diámetro y la altura epitelial de los conductos del epidídimo. ce, Conductillos epididimarios; CE, Conductos epididimarios. E, epitelio; S, secreción. Masson A. 300X. B, C y D, 600X.

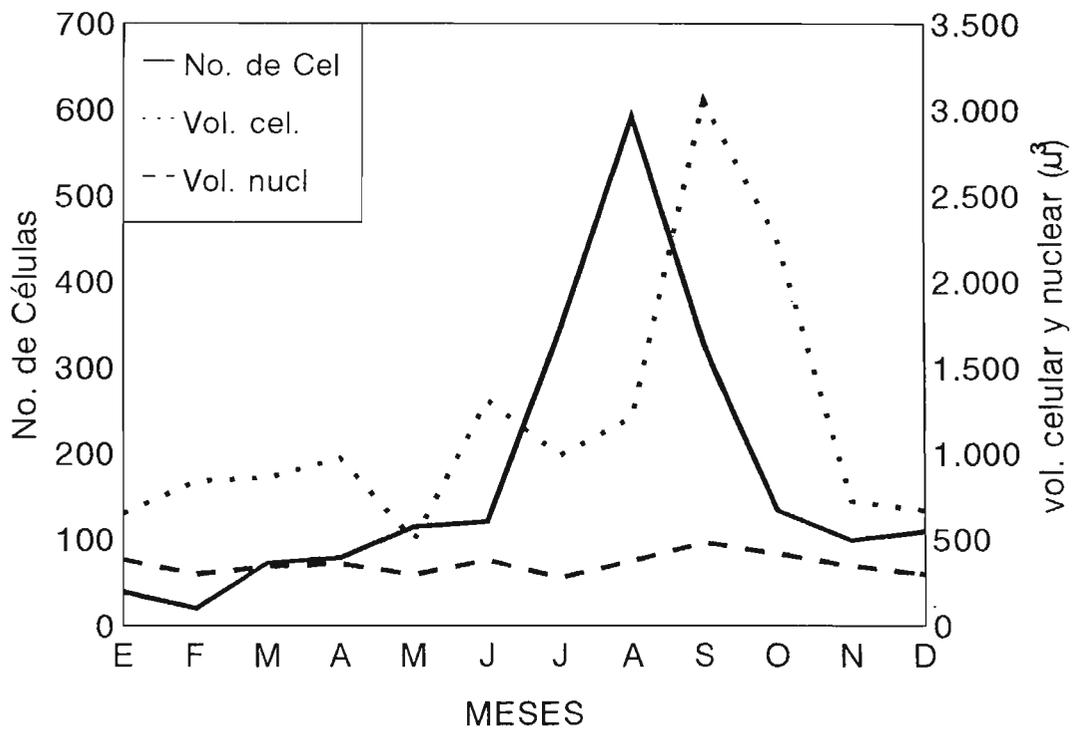


Fig. 21. Cambios en el número, volumen celular y volumen nuclear de las células de Leydig a través del año en el lacertilio *Sceloporus mucronatus*, de la localidad de Tecocomulco, Hidalgo.

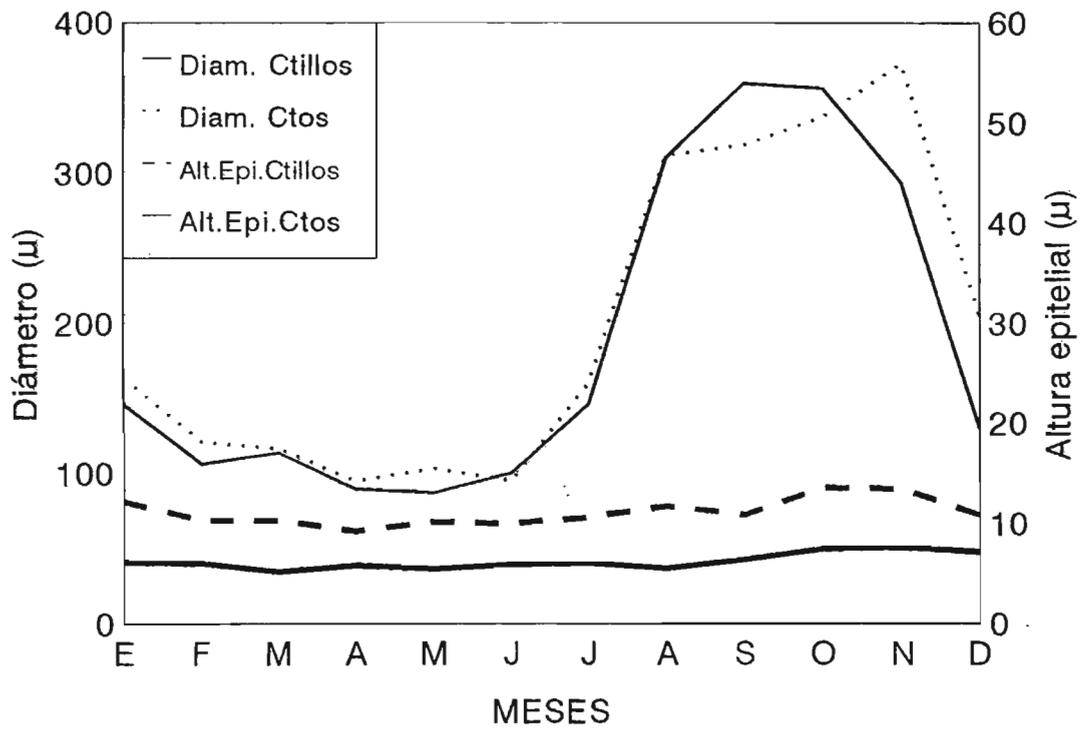


Fig. 22. Cambios en el diámetro y altura epitelial de los conductillos y conductos del epidídimo a través del año en el lacertilio *Sceloporus mucronatus* de la localidad de Tecocomulco, Hidalgo.