



00361 12  
Zej

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**ESPERMATOGENESIS EN DOS POBLACIONES  
(SEMIDESERTICA Y SUBTROPICAL)  
DE *Sceloporus variabilis variabilis***

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLOGIA**

**P R E S E N T A**

**RODOLFO GARCIA COLLAZO**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. FAUSTO MENDEZ DE LA CRUZ**

**MEXICO, D.F.**

**MARZO 1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## **DEDICATORIA**

**A MIS PADRES:**

**INES COLLAZO CERON**

**RODOLFO GARCIA E.**

**POR TODO LO QUE ME HAN BRINDADO Y POR SU APOYO DESDE  
EL MOMENTO QUE DECIDI SEGUIR ESTA MARAVILOSA CARRERA**

**A MIS HERMANOS :**

**ROBERTO**

**RICARDO**

**RUBEN**

**MARIBEL**

**A MIS SOBRINOS:**

**CARIN**

**ALEXIS**

**A MIS PROFESORES Y ALUMNOS  
DE LOS QUE HE APRENDIDO MUCHO**

**A ROSARIO POR TODO Y PARA TODO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer al Dr. Fausto Méndez de la Cruz por su dirección en el desarrollo de esta tesis, con su valiosa ayuda y amistad fue posible llegar a la culminación de este esfuerzo.

Mi sincero agradecimiento a la M. en C. Kathleen Ann Babb Stanley por su tutoría durante el desarrollo de mis estudios de maestría y sus aportaciones a la mejora del presente trabajo.

A la Dra. Maricela Villagrán Santa Cruz por su asesoría para la identificación de los elementos espermatozoides en los inicios del estudio y por sus muy valiosos comentarios en su papel de sinodal de la tesis.

A quienes fungieron como sinodales, que con sus observaciones y aportaciones al manuscrito, fue posible alcanzar un mejor trabajo, gracias a ustedes: Dra. María del Carmen Uribe Aranzabal, M. en C. Patricia Rivas Manzano, Dra. Catalina Chavez Tapia y al Dr. Gustavo Casas Andreu.

Al personal de laboratorio de Histología y Embriología de la ENEP Iztacala, UNAM por facilitarme el equipo y materiales necesarios para realizar la técnica histológica.

A Ilde y su esposa Georgina, dos buenos amigos de Metztlán Hidalgo, que siempre tuvieron atenciones incondicionales para mí y quienes hemos trabajado en la zona.

Al área de Zoología de la ENEP Iztacala por apoyarme con materiales y equipo para la realización del trabajo de laboratorio.

Muy especialmente a la M. en C. Rosario González Valle por su asesoría y ayuda en el procesamiento histológico y por su apoyo en todos momentos.

Y a todos aquellos que directa o indirectamente me dieron su ayuda y apoyo.

## INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
ANTECEDENTES.....	3
ANTECEDENTES PARA LA ESPECIE.....	11
ANTECEDENTES REPRODUCTIVOS DE LA ESPECIE.....	12
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS PARTICULARES.....	15
AREAS DE ESTUDIO.....	16
MATERIAL Y METODOS.....	22
TRABAJO DE LABORATORIO.....	23
TRATAMIENTO HISTOLOGICO.....	26
RESULTADOS.....	29
POBLACION HIDALGO.....	29
POBLACION ALVARADO.....	48
INDICE GONADOSOMATICO.....	54
DISCUSION.....	65
POBLACION HIDALGO.....	65
POBLACION ALVARADO.....	71
RELACION BIOGEOGRAFICA.....	77
CONCLUSIONES.....	80
BIBLIOGRAFIA.....	82

## RESUMEN

### ESPERMATOGENESIS EN DOS POBLACIONES (Semidesértica y Subtropical) DE *Sceloporus variabilis variabilis*

Se estudió y comparó la espermatogénesis de 2 poblaciones del lacertilio *Sceloporus variabilis variabilis*. Una de ellas habita la zona semiárida de Hidalgo (a 1236 msnm) donde se desarrolla matorral xerófilo como vegetación representativa, y la otra población es de la zona subtropical de Veracruz (1-7 msnm), en matorral de duna costera. El muestreo de los organismos se realizó de julio de 1991 a junio de 1992. Se utilizó el testículo izquierdo para cuantificar la espermatogénesis por el número de capas del linaje gamético y mediante medición del diámetro tubular y altura del epitelio epididimal. Se calculó el índice gonadosomático para establecer la variación gonádica de ambas poblaciones. Se relacionó la actividad gonádica con los factores ambientales: temperatura, precipitación pluvial, también con el ciclo de los cuerpos grasos, ciclo del hígado, valores de alimentación y con el índice de condición física. Como resultado se describe por primera vez la espermatogénesis de una población de *S. v. variabilis* habitante de una zona semiárida (Metztitán, Hidalgo). La espermatogénesis resultó ser larga en la población de Hidalgo ya que duró 11 meses, de los cuales 9 presentaron espermiogénesis, abarcando verano-otoño-invierno-primavera. Se presenta como la actividad espermiogénica más larga en especies de zonas semiáridas. La larga espermiogénesis con actividad invernal es propiciada por la buena condición física de los organismos, aunado a las condiciones ambientales, que son poco desfavorables incluso en la época invernal. En la población de Alvarado, Veracruz la espermatogénesis es también larga, con duración de 9 meses, comprendió las épocas de sequía y lluvias, aquí las condiciones ambientales son más estables, así como el suministro de alimento; los índices de actividad gonádica en esta población que fueron regulados por la temperatura ambiental. La época invernal ("nortes") se presenta como la más desfavorable para la actividad espermatogénica para la población subtropical. La espermatogénesis es diferencial en magnitud entre poblaciones y el patrón espermatogénico de ambas poblaciones se adapta a las condiciones climáticas a las que se sujeta cada población.

## INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la herpetofauna a lo largo del tiempo se han incrementado proporcionando conocimientos sobre la distribución, taxonomía, hábitat y algunos aspectos etológicos y morfofisiológicos de estos organismos. Pero aún son pocas las especies de las que se conoce su historia natural en relación a la gran diversidad específica que se encuentra en México.

La investigación de aspectos reproductivos en los lacertilios es de gran importancia ya que permite esclarecer las características propias de cada especie y de los factores que lo determinan. Se ha dicho que la variación en los ciclos reproductivos en reptiles es un reflejo de las condiciones climáticas. Sin embargo, especies sujetas a las mismas condiciones ambientales se comportan en ocasiones reproductivamente de manera diferente, lo cual puede ser reflejo de la historia evolutiva de cada taxón.

Para entender mejor el evento reproductivo, se requiere estudiar poblaciones de la misma especie separadas geográficamente y sujetas a diferentes condiciones ambientales.

El comportamiento gonádico es más confiable haciendo uso de técnicas de estudio más detalladas, como lo es la histología, su aplicación ayuda a describir con mayor exactitud el proceso y variaciones en la actividad gonadal y esto redundará en una mejor interpretación de la influencia que tienen los factores extrínsecos e intrínsecos en la actividad reproductiva.

El entendimiento de la reproducción en reptiles ha servido para dilucidar las estrategias evolutivas y los mecanismos reguladores de la función gonádica en otros vertebrados (Lofts 1987).

## ANTECEDENTES

Los testículos en reptiles contienen estirpes celulares cuyas funciones son: a) la producción de espermatozoides, y b) la secreción de esteroides sexuales. La composición morfológica de los tejidos varía a lo largo del año de acuerdo con el estado reproductivo de los animales. En zonas templadas y subtropicales la temperatura y el fotoperíodo interactúan en el desarrollo del ciclo reproductivo de los reptiles, además, los mecanismos endógenos también tienen influencia en el ciclo testicular (Duval *et al.*, 1982).

### MORFOLOGÍA TESTICULAR Y EPIDIDIMAL.

La morfología gonadal es similar entre los lacertilios, los testículos son pareados de forma oval, el izquierdo suele ser más grande y ligeramente desplazado hacia la región posterior. Se encuentran suspendidos posterodorsalmente en la cavidad corporal por medio del mesenterio. (Miller, 1948; Going *et al.*, 1978)

Los testículos se componen de túbulos seminíferos contorneados y tejido intersticial rodeados por una capa de tejido conectivo, llamada túnica albugínea. La túnica albugínea se continúa con el mesorquio (Miller, 1948; Lofts, 1987).

Cada túbulo seminífero se compone de epitelio germinal, soportado por una membrana basal. El arreglo de las células espermáticas es radial, así los espermatozoides se localizan centralmente y las espermatogonias en la periferia del túbulo (Miller, 1948; Mayhew y Wrigth, 1970; Lofts, 1987). Las espermatogonias, por el proceso conocido como espermatogénesis, dan origen a los espermatozoides. Entre las células germinales se localizan las células de Sertoli, de forma irregular cuyo citoplasma y márgenes celulares son difíciles de distinguir, el núcleo es oval y basal, son las únicas células de los túbulos seminíferos que se extienden desde la membrana basal hasta el lumen tubular, intercaladas entre paquetes de espermatogonias a lo largo del túbulo seminífero, las células de Sertoli

proveen de sostén físico y protección de los gametos en desarrollo (Miller, 1948; Banks, 1986). Las uniones ocluyentes entre las células de Sertoli contiguas forman la "barrera hemato-testicular" (Banks, 1986). Los requerimientos nutricionales de los gametos se suplen por medio de las células de Sertoli (Banks, 1986).

Entre los túbulos seminíferos se encuentra el tejido intersticial por el que corren vasos sanguíneos y linfáticos y contiene fibroblastos y células de Leydig, estas son productoras de esteroides (Miller, 1948; Mayhew y Wright, 1970; Lofts, 1987). Las células de Leydig son poliédricas, con núcleo esférico grande y un nucléolo bien definido, su citoplasma es acidófilo (Banks, 1986).

Los espermatozoides maduros, al salir de los túbulos, entran a un sistema de conductos adyacentes al testículo, llamado epidídimo, su pared interna muestra epitelio columnar estereociliado, su núcleo se encuentra en posición basal (Wilhoft y Reiter, 1965). El epidídimo incrementa su grosor y su forma, durante la temporada reproductiva y reduce sus dimensiones durante la regresión gonádica (Miller, 1948; Licht y Gorman, 1970; Mayhew y Wrigth, 1970; Goldberg, 1971; Estrada-Flores *et al.*, 1990).

El epidídimo corre a lo largo de la superficie externa del testículo dentro del mesorquio hasta desembocar al conducto deferente (Going *et al.*, 1978).

## **ESPERMATOGÉNESIS**

En el interior de los túbulos seminíferos de reptiles tiene lugar la espermatogénesis en forma radial. Se inicia con las espermatogonias de núcleo redondo diploide. Las espermatogonias sufren cambios para dar origen a los espermatozoides (Miller, 1948). No todas las espermatogonias se diferencian de forma simultánea, algunas se mantienen como células germinales para una diferenciación futura (Banks, 1986). Hay dos tipos de espermatogonias: las **A** y las **B**. La espermatogonia **A** es la célula germinal, de forma redonda, con un núcleo redondo que contiene

cromatina finamente dispersa y un nucléolo en posición excéntrica (Banks, 1986). Durante la división mitótica, una célula hija permanece como célula germinal, y la otra se divide y su progenie se diferencia en espermatogonias intermedias (I). La espermatogonia (I) es de forma y núcleo oval, la cromatina es periférica en cúmulos escasos. Las divisiones mitóticas posteriores de las espermatogonias intermedias darán origen a las espermatogonias B. Son células pequeñas y redondas, el núcleo es oval. La espermatogonia B se diferencia en espermatocitos primarios (Banks, 1986).

Los espermatocitos primarios, se sitúan más hacia la luz de los túbulos, son las células más grandes de la espermatogénesis, los cromosomas (número de cromosomas 2N) son visibles (Banks, 1986). La primera división meiótica de los espermatocitos primarios da origen a los espermatocitos secundarios, que son más pequeños que los anteriores. La segunda división meiótica de los espermatocitos secundarios da origen a las espermatidas, células haploides, las que se sitúan más cercanas a la luz de los túbulos, algunas de ellas son células ovaladas y otras más alargadas, con el citoplasma escaso y núcleo esférico. Cuando la espermiogénesis comienza, la espermatida muestra varios cambios, pues el citoplasma y sus componentes se desplazan a la parte posterior del núcleo, entrando en contacto la membrana nuclear con la plasmática, dando origen a la cabeza del espermatozoide. El citoplasma y algunos componentes de la espermatida se sitúan en la parte media de la célula y el flagelo se forma (Banks, 1986).

Entre la época de actividad e inactividad reproductiva de los reptiles se ha observado que hay cambios en la abundancia de los elementos espermatogénicos en el testículo y en la altura de células del epidídimo de especies como: *Xantusia vigilis* (Miller, 1948), *Sceloporus occidentalis* (Wilhoft y Quay, 1961), *Leiopisma fuscum* (Wilhoft y Reiter, 1965), *S. scalaris* (Newlin, 1976), y *S. mucronatus* (Estrada-Flores et al., 1990). El incremento en el número de las capas celulares en túbulos seminíferos y en las dimensiones celulares del epidídimo concuerdan con los períodos de mayor actividad reproductiva y los descensos en la densidad y dimensiones de los elementos germinales coinciden con el período de reposo reproductivo.

Se ha identificado a las **células intersticiales** o de **Leydig** como sintetizadoras de andrógenos. En numerosas especies de reptiles se ha registrado también la hidroxisteroide deshidrogenasa (3B-HSD). La capacidad de producir esteroides por parte de las células de Leydig se asocia con la presencia de retículo endoplasmático liso (REL) y mitocondrias con crestas tubulares que caracterizan a las células esteroideogénicas como las células de Leydig (Dufaure, 1969; Banks, 1986).

En *Naja naja* se encontró, que en primavera se acumulan lípidos y en la época reproductiva estos lípidos citoplásmicos desaparecen. En este período en el citoplasma de las células de Leydig, abunda el retículo endoplasmático liso y mitocondrias con crestas tubulares. Después de la estación reproductiva estas células manifiestan un estado no secretor, las células de Leydig presentan densas masas de colesterol, el REL se esparce y las mitocondrias con crestas tipo lamelar reaparecen. Los niveles de testosterona van a la par con estos eventos ya que al darse el acumulo de lípidos en las células intersticiales también se incrementa la testosterona, la cual desciende en la fase lipolítica postnupcial (Bona-Gallo *et al.*, 1980).

Las células de **Sertoli** también tienen carácter esteroideogénico por varias causas: primero por la presencia de retículo endoplasmático liso y mitocondrias con crestas tubulares características de las células esteroideogénicas (Banks, 1986; Lofts, 1987) y segundo por que durante el ciclo espermatogénico son densamente lipídicas, característica que desaparece en la época no reproductiva (Lofts *et al.*, 1966)

## CONTROL HORMONAL DEL TESTÍCULO

Se encuentran implicadas 2 hormonas adenohipofisiales en el control del testículo. La hormona luteinizante (LH) y la foliculo estimulante (FSH), estas actúan en el testículo para promover la producción de esperma y hormonas esteroides. La producción de estas dos hormonas se lleva acabo en la pituitaria anterior y son reguladas por neuropeptidos que activan o inhiben estas hormonas, los neuropeptidos son sintetizados en el hipotálamo y transferidos a la pituitaria vía sistema venoso. La acción estimulante o inhibidora de los peptidos producidos en el cerebro son

resultado de estímulos ambientales, incluyendo la cantidad de alimento disponible (Bronson, 1989).

La LH actúa en las células intersticiales o de Leydig para producir esteroides como la testosterona, la función de los esteroides es mantener los órganos sexuales accesorios, incluyendo la secreción de fluidos seminales, la actividad de las células de Sertoli (Lofts, 1987); la regulación de la fase meiótica del espermatozoides primario y la regulación del comportamiento agresivo y sexual (Bronson, 1989).

La acción de la FSH no es bien conocida pero se sugiere que en reptiles la FSH al igual que en mamíferos propicia el inicio de la meiosis y también la maduración de espermatozoides a espermatozoide (Lance, 1984). La FSH también es necesaria para estimular la actividad mitótica de las espermatogonias (Lofts, 1987).

El incremento en el volumen nuclear de las células intersticiales ha sido considerado como un indicador de la actividad testicular de vertebrados no mamíferos, el incremento en tamaño es característico de células endócrinas (Alfert *et al.*, 1955), en el caso de las intersticiales parece indicar la producción de la testosterona.

Experimentos en testículo de *Anolis* han confirmado la actividad esteroidogénica de las células de Leydig (Licht y Tsui, 1975). Se ha observado en *Anolis carolinensis* variación en la respuesta testicular por la administración de FSH y LH de mamíferos (Licht y Pearson, 1969).

Varios estudios muestran que el tiempo de los eventos en el ciclo testicular varían ampliamente entre las lagartijas (Saint Girons, 1963; Licht *et al.*, 1969; Licht y Gorman, 1970).

Saint Girons (1982) analiza la variedad de los ciclos sexuales de lacertilios machos en función de los diferentes climas y los resume en:

- 1.- Habitantes de regiones frías o con largos inviernos fríos; poseen ciclos reproductivos de tipo mixto: espermatogénesis de verano,

espermiogénesis en primavera con cortejo y ovulación a fines de primavera. Con una puesta y ocasionalmente dos.

- 2.- En regiones templadas moderadamente cálidas y en regiones subtropicales (incluyendo lugares elevados) hay diferentes ciclos: a) el mixto, ya descrito, pero a menudo con dos o tres puestas en primavera; b) el tipo primaveral (la espermatogénesis ocurre principalmente en primavera, el cortejo y la ovulación en primavera en donde el período de reproducción puede ser precoz y/o prolongado); c) el tipo de verano (la espermatogénesis ocurre en verano, el cortejo y la ovulación en el otoño o primavera).
- 3.- En regiones Intertropicales con una marcada estación seca, los huevos son puestos durante la estación húmeda; la espermatogénesis es usualmente primaveral (durante la estación cálido-seca).
- 4.- En zonas subtropicales e intertropicales, en regiones donde el ciclo de la hembra permanece estacional. La espermatogénesis, y androgénesis son a menudo uniformes y continuas. La reproducción continua es más común en regiones húmedas de la región ecuatorial.
- 5.- En regiones montañosas del subtrópico e intertropicales, algunas especies vivíparas tienen espermatogénesis en verano acompañada con una gestación invernal la cual se prolonga hasta fines de primavera.

Craig y Shine (1985) aseguran que cuando los períodos de actividad reproductiva varían entre especies sujetas a las mismas condiciones ambientales, se debe a que están reflejando la historia evolutiva de cada taxón, lo que significa que el tiempo en que se reproducen y lugares de anidación son similares a los de las especies de la región de donde el taxón se desprendió.

## **FACTORES EXTRÍNSECOS E INTRÍNSECOS CONTROLADORES DE LA REPRODUCCIÓN**

Entre los factores que intervienen en el ciclo reproductivo y sus variaciones, están los factores extrínsecos o ambientales, como lo son la temperatura, el fotoperíodo y la precipitación pluvial. De los factores intrínsecos, el más importante es el control hormonal (Orr, 1978), sin dejar

de tener influencia también la acumulación de lípidos y la disponibilidad de alimento, que funcionan como suministro de energía (Hahn y Tinkle 1965; Marion 1970; Derickson, 1974; Méndez-de la Cruz *et al.*, 1992).

Para los machos, se propone que el factor determinante del desarrollo testicular en zonas templadas debe ser la temperatura y/o el fotoperíodo (Sexton *et al.*, 1963; Licht, 1971; Sexton y Turner, 1971; Marion, 1982).

No hay muchas evidencias de una relación del ciclo gonádico de machos con la época de lluvias, pero *Barisia i. imbricata* mostró una relación significativa entre la actividad reproductiva del macho y los valores de precipitación pluvial (Guillette y Casas, 1987), de manera similar a lo señalado para *Sceloporus t. torquatus* (Feria, 1989), siendo ambas especies habitantes de zonas templadas.

Muchos reptiles tropicales tienen reproducción continua como: *Leiolopisma rhomboidalis* (Wilhoft, 1963); *Anolis sagrei*, *A. lineatopus*, *A. grahami*, *A. cybotes* y *A. conspersus* (Licht y Gorman, 1970); *Gonatodes albogularis* (Sexton y Turner, 1971); *Anolis acutus* y *Ameiva fuscata* (Somma y Brooks, 1976), y algunos otros exhiben estacionalidad. También se ha observado que la época reproductiva de los machos depende del ciclo de las hembras (Saint Giron, 1982), pero es claro que la actividad de las hembras es dependiente del clima. Sin embargo, en especies de elevada altitud como *Sceloporus grammicus* (Guillette y Casas, 1980), *S. formosus* (Guillette y Sullivan, 1985), y *S. mucronatus* (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1988) la actividad reproductiva de ambos sexos es desfasada, ya que el macho presenta actividad testicular en primavera y las hembras ovulan en el otoño, evidenciando que ambos sexos responden a diferentes estímulos o de manera diferente al mismo estímulo ambiental (Guillette y Casas-Andreu 1980).

En especies tropicales, los cambios en temperatura pueden jugar un papel en la reproducción cíclica de algunos reptiles, al igual que la lluvia y la disponibilidad de alimento (Duvall *et al.*, 1982)

Se ha comprobado que la reproducción suele ser afectada por la cantidad y calidad del alimento. La progenie se verá afectada por la forma en que se invierta la energía obtenida del alimento en el proceso reproductivo (Pianka, 1980). En una población de *Sceloporus m. mucronatus*, Méndez-de la Cruz, et. al., (1992), encontraron que el ciclo gonádico se relaciona con la alimentación, y del mismo modo en *Agama agama* la reproducción coincide con la época de mayor abundancia de alimento sin que se presente variación en el fotoperíodo o en la temperatura (Bellairs, 1975); en *Anolis acutus* la alimentación suplementaria incrementa el almacenamiento de grasa, pero no favorece la reproducción (Rose, 1982).

La cantidad de recursos alimentarios en el ambiente parece influir en la robustez física y, a la vez, en la temporada reproductiva de *Sceloporus torquatus* (Méndez-de la Cruz y Gutiérrez-Mayen, 1991). Se ha detectado retraso en la espermatogénesis en machos de *Sceloporus mucronatus*, debido a una disminución de la condición de robustez física (Méndez-de la Cruz et al., 1994).

Se ha dicho que las reservas grasas en machos son utilizadas en actividades sociosexuales como el cortejo, defensa del territorio y el apareamiento (Licht y Gorman, 1970; Guillette y Casas, 1981). Sin embargo, Jameson (1974) sugiere que los cuerpos grasos son utilizados en la espermatogénesis ya que hay un descenso en los lípidos celulares de las células intersticiales o de Leydig y en las de Sertoli durante la mayor actividad espermatogénica.

Se ha observado cambios en el tamaño del hígado a lo largo del año en concordancia con los períodos de actividad reproductiva (Goldberg, 1972; Godínez, 1985). De acuerdo a Jameson (1974) las grasas hepáticas pueden representar a) una reserva energética, b) lípidos asimilados recientemente del intestino y c) el sitio de movilización de estos a las diferentes partes del cuerpo.

## ANTECEDENTES PARA LA ESPECIE

### DIAGNOSIS DE LA ESPECIE: *Sceloporus variabilis variabilis*

Pertenece a la familia Prhynosomatidae, entre sus características importantes están: color del cuerpo es de gris a café, con manchas oscuras a ambos lados del cuerpo y 2 líneas claras en posición dorsolateral; la cola muestra el mismo color del cuerpo; las escamas laterales del abdomen son más grandes que las del borde axilar y las de la ingle; el número de poros femorales 22 ó más. La longitud máxima del hocico a la cloaca 76.4 mm. Lacertilio con más de 50 escamas dorsales, 10 ó más hileras de escamas en el muslo; las escamas del muslo, nuca y cantosubnasales suman 28 ó más; las escamas antes de la ingle relativamente pequeñas, menos de la mitad en tamaño con respecto a las escamas abdominales laterales; las escamas laterales medias del cuello marcadamente más pequeñas que las escamas agrandadas de la cresta del dobles lateral de la nuca (Hobart Smith *et al.*, 1993).

*Sceloporus variabilis* se distribuye, desde Tamaulipas hasta el Sur de Guatemala (Stuart, 1964), se sugiere que su adición a la fauna de Centro América es reciente y probablemente se origino en el Norte del Istmo de Tehuantepec durante el Plioceno, cuando muchos elementos norteros, incluyendo el género *Sceloporus*, fueron dominantes en México (Savage, 1966).

Sites y Dixon (1982) sugieren que *S. v. variabilis* pudo originarse en las regiones altas de la Sierra Madre Oriental en bosque de encino, pino-encino y matorral; el área es geológicamente vieja y relativamente estable, y pudo servir en el Pleistoceno como refugio durante los cambios del nivel marino. Actualmente *S. v. variabilis* es abundante en pendientes rocosas, en trópicos siempre verdes y comunidades de roble a lo largo de la frontera Este de la Sierra Madre Oriental.

La subespecie *S. v. variabilis* es la más extendida y menos especializada de todas las formas, con respecto a la preferencia de hábitat y es probablemente la más relacionada con el linaje del cual derivaron otras subespecies (Sites y Dixon, 1982).

La expansión de la especie hacia el Norte de la Sierra Madre Oriental pudo introducir poblaciones a las zonas de llanura, al matorral de mezquite y a las asociaciones de matorral desértico, pues en el Norte de Tamaulipas y el Sur de Texas se localiza *S. variabilis marmoratus*. El intervalo de expansión de la especie en el Sureste tiene como resultado los diferentes grados de divergencia fenotípica que muestra (Sites y Dixon, 1982).

Para el área de Metztitlán, Hidalgo, Mendoza (1990), registra a *S. v. variabilis* como una de las cuatro especies de lagartijas más abundantes del matorral xerófilo dentro de un gradiente altitudinal de 1310 a 1720 msnm. *S. v. variabilis* y *Cnemidophorus gularis* conviven en el matorral xerófilo, ambas poblaciones son abundantes por la heterogeneidad espacial, con escasa competencia interespecífica y con la posibilidad de explotar una mayor cantidad de recursos (Mendoza, 1990).

*S. v. variabilis* en Alvarado, Veracruz, se presenta como el vertebrado terrestre más abundante que ocupa el mayor número de substratos (Altamirano y de Sucre, 1985).

## ANTECEDENTES REPRODUCTIVOS DE LA ESPECIE

Guillette *et al.*, (1983) describen la pigmentación del testículo izquierdo en cuatro subespecies de *S. variabilis* encontrando que hay una correlación entre la pigmentación y la actividad espermatogénica, ya que los estadios espermatogénicos más avanzados se encontraron en testículos pigmentados, argumentando que la pigmentación juega un papel en la fisiología térmica de los testículos.

García-Collazo, et al. (1993) estudió el ciclo reproductivo de *S. v. variabilis* en una zona de dunas playeras en Alvarado, Veracruz basándose en cambios macroscópicos, encontró que los machos presentan actividad reproductiva continua con un marcado pico de desarrollo gonádico en la segunda mitad de la época seca del año e inicio de la época húmeda (abril a julio). La explicación, con base en observaciones histológicas, someras, es que la reducción en talla testicular (agosto a marzo) se debe a descensos en el número de capas celulares de los túbulos seminíferos, sin que ello signifique regresión testicular, como lo evidenció la presencia de esperma maduro, tanto en los túbulos seminíferos como en el epidídimo. Ello podría indicar variaciones en la producción de esperma. El factor ambiental con mayor efecto en el ciclo gonádico de machos fue la temperatura ambiental ya que el pico en el tamaño testicular concuerda con los mayores niveles de temperatura. A diferencia de lo observado por Vitt (1986) en gekkonidos, en donde el volumen testicular varió en función de la hidratación de la gónada.

Otro estudio es el realizado con el peso seco testicular en dos poblaciones de *S. variabilis* localizadas en zonas de pastizal en la región de Los Tuxtlas, Veracruz (Benabib, 1994). La primera población se localiza en: Monte Pio (Municipio de San Andrés) a 45 msnm, en un clima cálido húmedo, con dos marcados períodos de precipitación uno de verano y otro invernal (fenómeno conocido como "norte"). La segunda población se localiza en Bastonal en la Sierra de Santa Martha (Municipio de Catemaco) a 1000 msnm, en un clima menos cálido pero muy húmedo. La distancia que separa ambas poblaciones es de 25 kilómetros. La actividad testicular en la población de mayor altitud es de 8 meses y la de zona baja de 9.5 meses y comprende los meses de octubre a junio, el período de inactividad de julio a septiembre. El máximo tamaño gonádico se presenta de febrero a mayo.

Ambas poblaciones presentan un período largo que se ajusta a lo reportado para lagartijas que habitan ambientes poco estacionales. Las reservas grasas son utilizadas al inicio de la estación reproductiva. Un ambiente estable y abundante suministro de alimento son los factores que permiten la actividad reproductiva (Benabib, 1994).

Hasta el momento el estudio de la actividad reproductiva a lo largo de ciclos anuales, en poblaciones de *S. variabilis* se ha realizado en aquellas de la zona subtropical del país y ninguna de zona semiárida. Los estudios hasta ahora realizados con la especie se han basado principalmente, en el estudio macroscópico de la gónada, sin embargo Marion (1982) reporta que la máxima masa testicular no siempre implica acción espermatogénica avanzada.

Para conocer más sobre la historia de vida de la especie se requiere estudiar poblaciones de *S. variabilis* que habitan en otras condiciones ambientales y altitud. Y para esclarecer la actividad reproductora de los machos se requiere hacer un estudio con más detalle, por lo que la histología brinda esta herramienta para describir claramente la actividad gonádica.

Considerando a *S. v. variabilis* como un taxón con amplia distribución, el presente estudio pretende aportar datos de la actividad reproductiva de dos poblaciones que habitan en diferentes condiciones, en base al estudio histológico de la espermatogénesis, además de esclarecer: a) si la variación en la actividad reproductora se debe a diferencias en algunos mecanismos fisiológicos que influyen el ciclo anual; b) si son simplemente reflejo de diferencias locales en clima a las cuales las especies están expuestas o c) si son el reflejo de la historia evolutiva del taxón.

## OBJETIVO GENERAL

Caracterizar la actividad espermatogénica de dos poblaciones de *S. v. variabilis* en diferente condición climática (Semidesértica y Subtropical) y factores que la determinan, a lo largo de un ciclo anual (julio 1991 - junio 1992).

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Describir la actividad espermatogénica de una población de ambiente semiárido y de una población de clima subtropical de *S. v. variabilis* a través de un ciclo anual.
  
- Comparar la espermatogénesis de ambas poblaciones.
  
- Establecer la relación de la actividad espermatogénica con los factores ambientales: temperatura y precipitación pluvial en ambas poblaciones.
  
- Establecer la relación de la actividad espermatogénica con el ciclo graso, el ciclo del hígado y los valores de alimentación.
  
- Establecer la relación de la actividad espermatogénica con el Índice de Condición Física.

## ÁREAS DE ESTUDIO

Se compararon dos áreas de estudio de las cuales se estudiaron la población de:

1) **Metztitlán Hidalgo.** Se localiza en el Municipio de San Juan Metztitlán, al Noreste del Estado de Hidalgo. Sus coordenadas son 98°45' 06" W, 20°35'06" N; la altitud va de los 600 a 1270 msnm (SPP 1983 a,b) (Fig. 1a). La zona de estudio se localiza a 1236 msnm.

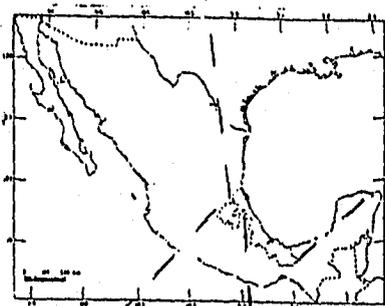
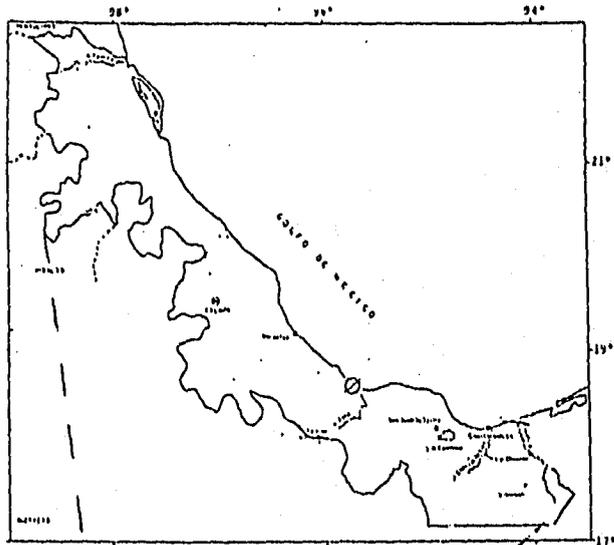
La localidad, al igual que la mayor parte del Estado, se ubica dentro de la provincia "Biogeográfica Hidalguense" en la subregión "Montañas Rocosas de la Región Neártica" (Smith, 1940).

### GEOLOGÍA

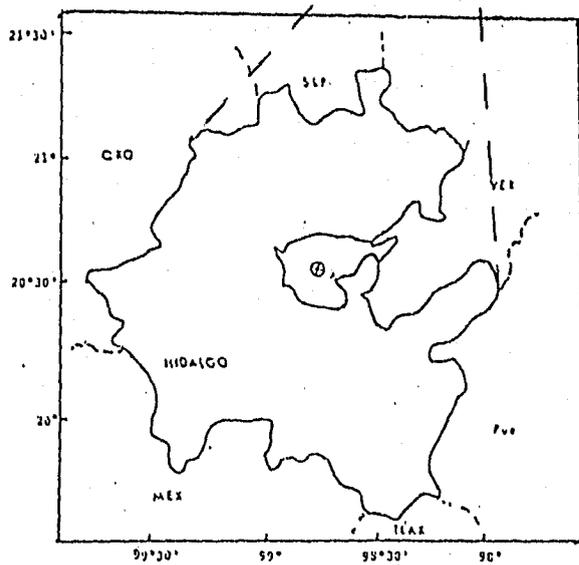
La zona presenta una topografía muy accidentada debido a que por su lado Oeste se encuentra una profunda cañada formada por la erosión fluvial de un antiguo piso lacustre que presenta calizas del Triásico y sedimentos continentales y marinos del Cretácico y Jurásico (Mancilla, 1988). A partir de estos se formaron cuatro tipos de suelos fluviosoles en un intervalo de 1250 a 1570 msnm., en la base de la cañada y regozoles, phaeozens y vertisoles en sus paredes (Sánchez-Mejorada, 1977).

Hacia el Este se levantan serranías con pendientes variables y dos tipos de suelo, andosoles y cambiosoles de origen volcánico del Cretácico Terciario localizado a altitudes de 2000 msnm (Mancilla, 1988).

b



a



- ⊙ Población Alvarado Veracruz
- ⊗ Población Metztlán Hidalgo

Figura 1. Localización de las áreas de estudio. a) Metztlán Hidalgo; b) Alvarado Veracruz.

## CLIMA

El clima es Bs hw"(w)(i)'g semicálido-semiárido dominante en los alrededores de San Juan Metztlán (SPP, 1985).

La temperatura media anual es de 21°C (SPP 1985) (ver Fig. 2a). La temperatura mínima extrema es cercana a los 8°C, la temperatura máxima extrema es cercana a los 40°C y el máximo promedio es alrededor de 31°C. La oscilación anual de temperaturas medias mensuales está entre 5° y 7°C.

Entre los factores que determinan la aridez esta la profundidad de la cañada y su posición paralela a la sierra de Zacualtipán y perpendicular a los vientos alisios húmedos provenientes del Golfo de México (Sánchez Mejorada, 1978), en parte son detenidos por la barrera formada por la sierra, que corre de NNW a SSE. Este efecto de sombra orográfica muy marcado, propicia que la precipitación pluvial sea de 600 mm en Metztlán (SSP, 1985) (ver Fig. 2a).

## VEGETACIÓN

En la zona baja de las cañadas se localiza el matorral xerófilo o crasicale. Entre los 600 a 1750 msnm. se encuentran los elementos arbustivos, subfrutescentes y herbáceos, que se distribuyen de acuerdo al tipo de suelo en grupos ecológicos definidos destacando: *Acacia farnesiana*, *Acacia shaffneri*, *Salix bonplandiana*, *Helenion sp.*, *Eupatorium picnocephalum*, *Siegesbeckia jorullensis*, *Bidens ostruthioides*, *Tillandsia recurvata*, *Lemaireocerus dumortieri*, *Stevia saliciforme*, *Ficus sp.*, *Bursera morelensis*, *B. fagaroides*, *Mimosa biuncifera*, *Mamillaria sp.*, *Opuntia imbricata*, *Agave diformis*, *Selaginella leoidophilla* y *Yuca filifera* (Sánchez-Mejorada, 1977).

Un fenómeno particular en la zona es que durante la época de lluvias si bien la precipitación pluvial es escasa en la zona, de septiembre a febrero o marzo algunas áreas pueden ser inundadas por el crecimiento de la Laguna de Metztlán.

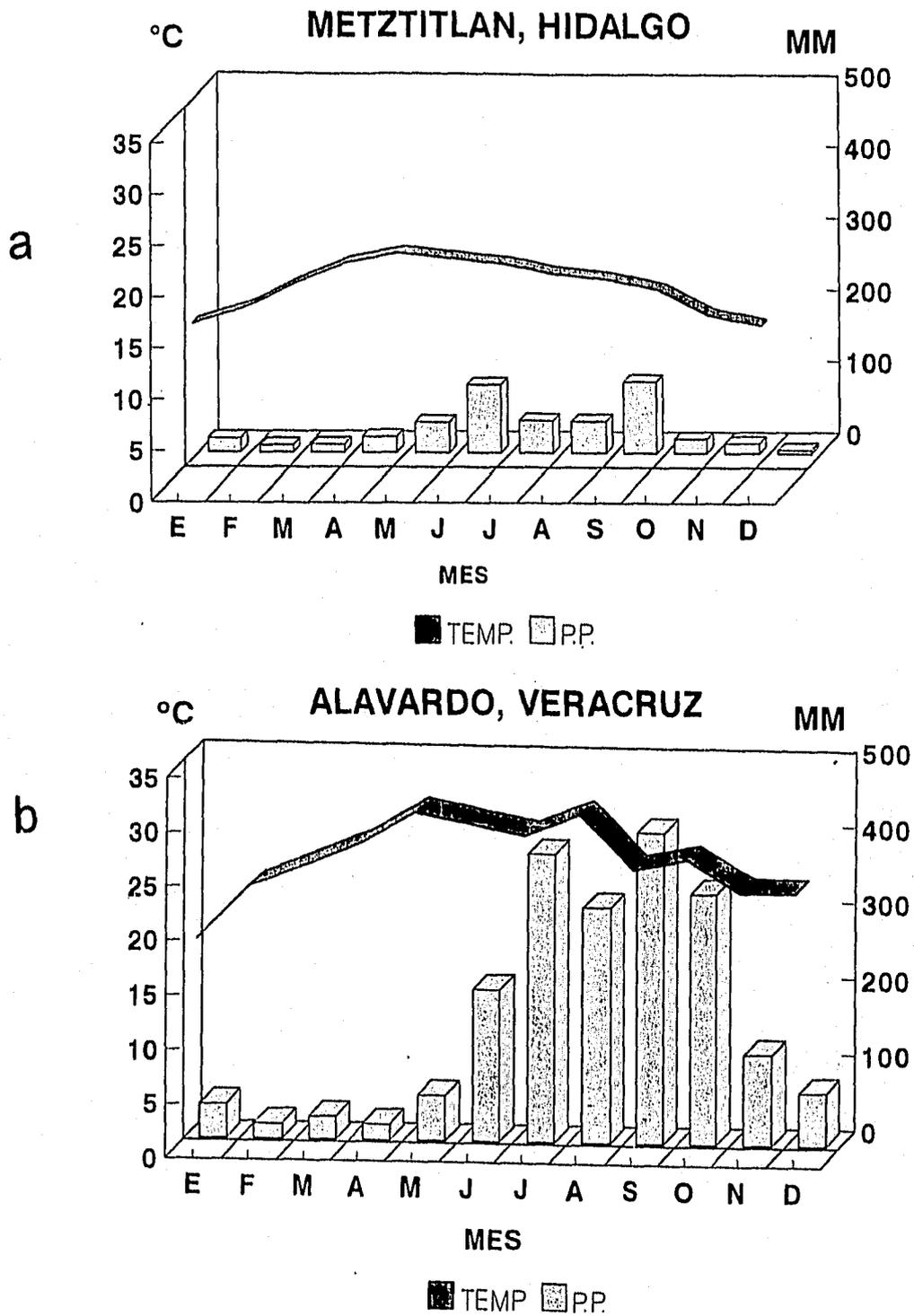


Figura 2. Comportamiento de la temperatura ambiental y precipitación pluvial a lo largo del año del estudio en las áreas de estudio. a) Metztitlán, Hidalgo; b) Alvarado, Veracruz.

2) **Alvarado, Veracruz.** Pertenece a la provincia fisiográfica de la llanura Costera del Golfo de México, la formación de esta llanura se inició en el Cretácico y actualmente continúa su proceso ascendente (Jiménez, 1979).

La zona se ubica entre los 18°46'23" y 18°46'42" latitud Norte y a 95°44'23" y 95°44'44" de longitud Oeste. Se encuentra prácticamente al nivel del mar, ya que su altitud va de los 0 a los 7 msnm.

El área de estudio comprende 12 hectáreas que se sitúan a 2 kms. al N.E. del Puerto de Alvarado, Veracruz, en la desembocadura del Río Papaloapan, en el Golfo de México (Fig.1b).

## **GEOLOGÍA**

El suelo es regosol cútrico de textura media, formado de rocas sedimentarias y volcánicas sedimentarias que datan del Pleistoceno y Reciente, con gravas, arenas, limos y arcillas, es decir material de origen marino y costero aluvial (Jiménez, 1979).

## **CLIMA**

La temperatura oscila entre los 32.1°C y 20.4°C, (Fig. 2b) con un promedio anual de 26.1°C (García, 1971). El clima es Aw, cálido con lluvias en Verano siendo el más húmedo de los subhúmedos (García, 1971) con 1500 a 2000 mm. de precipitación pluvial anual y un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 mm. (Fig.2b). Se presenta una marcada temporada húmeda y una seca, la época de sequía abarca de Enero a Mayo, siendo febrero el mes más seco y frío y septiembre el mes con mayor precipitación.

## **VEGETACIÓN**

La vegetación prevaleciente es característica de dunas costeras por lo que se encuentran especies halófitas arbustivas espinosas como *Opuntia* sp. (nopal), especie dominante, además de *Cnidoscolus* sp (mala mujer) y

numerosas leguminosas espinosas que conforman el estrato más bajo de esta vegetación (Manjarrez, 1987).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo muestreos mensuales, con duración de 3 a 4 días cada uno, entre la segunda y tercera semana de cada mes (de julio de 1991 a junio de 1992). Los sitios de colecta fueron dos: La Vega de Metztitlán, Municipio de Metztitlán, Hidalgo y "Las Escolleras", Municipio de Alvarado, Veracruz.

### TRABAJO DE CAMPO

Se capturaron mensualmente en cada localidad de 8 a 12 organismos machos adultos, manualmente o con un golpe de liga de hule en la cabeza.

A cada organismo se le asignó un número de campo, se le registró la hora de colecta, sexo, fecha, localidad, microhábitat y observaciones de las condiciones climáticas prevaletentes (Pisani y Villa, 1974).

Los organismos fueron sacrificados por desnucamiento y enseguida se procedió a determinar:

- a) Peso total del organismo (PTO)
- b) Longitud Hocico-Cloaca (LHC)

Lo anterior se determinó haciendo uso de una balanza granataria (0.1 g.) para los pesos y un calibrador vernier para longitudes lineales (0.1 mm.).

Se registraron los valores medio mensuales de temperatura ambiental, utilizando un termómetro Taylor de -10 a 50°C. Los valores de precipitación pluvial y fotoperíodo se recabaron de la estación meteorológica más cercana a cada localidad.

Inmediatamente después del sacrificio, se hizo la disección y los testículos fueron medidos en su largo y ancho, con un calibrador vernier (0.1mm.) y fijados en solución de formaldehído amortiguado al 10%.

### TRABAJO DE LABORATORIO

Con el propósito de mantener controlado el error por hidratación y variación de medidas en las gónadas y demás órganos por acción del fijador, a los 4 días de haber sido colectados los organismos (Vitt et al., 1985) se determinó:

- a) Peso de ambos testículos junto con el epidídimo.
- b) Registro del peso húmedo del contenido estomacal.
- c) Registro del peso de los cuerpos grasos.
- d) Registro del peso del hígado.

Los pesos se determinaron en una balanza analítica (0.0001 g.).

A los machos que presentaron testículos agrandados, junto con un epidídimo muy contorneado se les consideró como activos reproductivamente. La mínima longitud hocico cloaca en la que se detectó el epidídimo muy contorneado, se consideró como la mínima talla de madurez sexual.

Las medidas y pesos se utilizaron para determinar por espécimen los siguientes índices:

- a) I G S - V (Índice Gonadosomático con el Volumen)

$$\text{IGS-V} = \frac{\text{Vol. Testicular} \times 100}{\text{Longitud Hocico Cloaca (LHC)}}$$

El Volumen testicular se determinó con la fórmula para el volumen de un elipsoide:  $V = 4/3 \pi a^2 b$

Donde:  $\pi = 3.1416$

$a = 1/2$  del diámetro menor

$b = 1/2$  del diámetro mayor

b) ISCE (Índice Somático del Contenido Estomacal)

$$\text{ISCE} = \frac{\text{Peso contenido estomacal} \times 100}{\text{Peso total del organismo (PTO)}}$$

c) ISCG (Índice Somático de Cuerpos Grasos)

$$\text{ISCG} = \frac{\text{Peso de Cuerpos Grasos} \times 100}{\text{PTO}}$$

d) ISH (Índice Somático del Hígado)

$$\text{ISH} = \frac{\text{Peso del Hígado} \times 100}{\text{PTO}}$$

Se estableció la Robustez Física con el Índice de Condición Física (ICF) de acuerdo a la metodología de Méndez-de la Cruz, et al.,(1992).

e) ICF (Índice de Condición Física)

$$\text{ICF} = \frac{\text{Peso Corporal} \times 100}{\text{LHC}}$$

Los valores individuales de cada espécimen se registraron para cada mes y se determinó el valor medio y el error estándar de la población para cada mes. Las diferencias estadísticas se estimaron por medio de un Análisis Covariado (Statgraphics, 1988) donde la LHC y PTO se usaron para reducir la variación entre las medidas y la variación en el tamaño del cuerpo.

También se determinó la correlación de los factores:

- a) IGS-V vs la Temperatura Ambiental media mensual
- b) IGS-V vs la Precipitación Pluvial media mensual
- c) IGS-V vs el Índice Somático de Cuerpos Grasos
- d) IGS-V vs Peso del Contenido Estomacal
- e) IGS-V vs el Índice del Hígado
- f) IGS-V VS el Índice de Condición Física

La relación existente entre los factores se obtuvo con el coeficiente de correlación de Pearson (Brunning y Kintz, 1977).

## TRATAMIENTO HISTOLÓGICO

Se seleccionó el testículo izquierdo de los organismos que presentaron el IGS-V mayor, medio y menor de cada mes para ser procesados histológicamente siguiendo la técnica histológica convencional: deshidratación en alcoholes graduales desde 50% hasta absoluto (durante 1 hr. en cada uno de ellos), aclaramiento en xilol y aceite de cedro, inclusión en parafina (3 cambios de 30 min. cada uno), siendo el primero en xilol-parafina en proporción 1:1. Los cortes se realizaron en la parte media superior de cada testículo para incluir en el corte la mayor parte del epidídimo, los cortes se realizaron con un micrótomo rotatorio a 4 micras de grosor y se tiñeron con Hematoxina y Eosina (Humason, 1979).

Se determinó el estadio espermatogénico mediante el examen de los túbulos seminíferos para detectar la presencia de espermatogonias, espermatocitos primarios y secundarios, espermátides y espermatozoides. El epidídimo se examinó para establecer la atrofia o hipertrofia del epitelio y para registrar la presencia o ausencia de esperma en la luz.

Dependiendo de las características presentadas en los túbulos seminíferos se le asignó el estadio de espermatogénesis de acuerdo al criterio de Licht y Pearson (1969) modificado por Greenberg et al., (1984) (ver cuadro 1).

Las mediciones microscópicas se realizaron a cada gónada seleccionada, se llevaron a cabo con un ocular micrométrico (calibrado en micras), y son las siguientes:

- a) diámetro mayor de los túbulos seminíferos redondos (25 mediciones a 100X);
- b) diámetro mayor y menor de los núcleos de las células intersticiales (20 mediciones 1000X). Con estas medidas se calculó el volumen nuclear utilizando la fórmula para determinar el volumen de un elipsoide, anteriormente mencionada;

- c) altura de las células del epidídimo (20 mediciones 400X). Adicionalmente se tomaron notas como la presencia de esperma en los túbulos seminíferos y/o epidídimo (si - no); y
- d) se determinó la abundancia de los elementos de la línea germinal en los túbulos seminíferos contando el número de capas de espermatogonias, espermátocitos primarios y secundarios, y espermátides, en 25 túbulos seminíferos.

Para establecer la relación del volumen nuclear de las células de Leydig con cambios del testículo se correlacionó:

- a) Volumen nuclear de las células de Leydig con el diámetro de los túbulos seminíferos y b) con la altura de las células del epitelio epididimal.

Los elementos seminales se identificaron tomando como base su forma, tamaño y disposición dentro de los túbulos seminíferos con auxilio de láminas publicadas por Wilhoft y Quay (1961), y Mayhew y Wrigth (1970).

Se analizaron las variaciones de los componentes histológicos (espermatogonias, espermátocitos primarios, secundarios y espermátides) además de la altura del epitelio epididimal a lo largo del tiempo con un Análisis de Varianza (ANDEVA), seguido de un análisis de rangos múltiples de Duncan (Statgraphics, 1988).

	CONDICIÓN DE LOS TUBULOS SEMINIFEROS	CONDICIÓN DEL EPIDIDIMO
1	Solo espermatogonias.	Reducido
2	Espermatocitos Primarios en división.	Reducido
3	Espermatocitos secundarios o Espermatidas (primeros más abundantes; pocas de las segundas y no hay espermatozoides).	Reducido
4	Espermatidas en transformación y pocos espermatozoides.	Reducido
5	Espermatides bien desarrolladas y algunas en transformación; espermatozoides abundantes.	Desarrollado; pocos o sin esperma.
6	Espermiogénesis máxima; espermatozoides abundantes.	Desarrollado; con abundante esperma.
7	Espermatozoides muy abundantes pocas espermatides.	Desarrollado; paquetes de esperma.
8	Expulsión de todo el material excepto espermatides o esperma aislado.	Reducido.

Cuadro 1. Estadios de la espermatogénesis de acuerdo a Licht y Pearson (1969); modificado por Greenberg et al. (1984).

## RESULTADOS

### POBLACION HIDALGO

#### DIÁMETRO DE LOS TÚBULOS SEMINÍFEROS

Se observan variaciones significativas en el diámetro de los túbulos seminíferos a lo largo del año ( $F(10,555) = 62.4$ ,  $P < 0.05$ ) (Fig., 3a). Al inicio del estudio en el mes de julio se presentó un valor medio en el diámetro tubular, el cual se mantuvo en agosto (estadio 6) ver micrográficas 1 y 2, sin embargo, en septiembre se presenta el mínimo valor del estudio (estadios 1 y 2) (ver micrográficas 5 y 6), en octubre se incrementa el diámetro (estadio 3), en noviembre el diámetro tubular alcanza un valor medio (estadio 4 y 5) (ver micrográficas, 8 y 9), y de diciembre a mayo se alcanzan los mayores valores en el diámetro tubular (estadio 6) (ver micrografía 11) y para el último mes del estudio, junio, el diámetro baja a un valor medio en el diámetro tubular (persiste el estadio 6). En la figura 4a se observa la presencia de los diferentes componentes del linaje espermatogénico a lo largo del estudio.

#### ESPERMATOGONIAS

Se observan variaciones significativas a lo largo del año ( $F(10,556) = 44.65$   $P < 0.05$ ) en el número de capas de espermatogonias (Fig. 5a y 4a). El número se incrementa a partir de julio para alcanzar su máximo en septiembre ( $\bar{x} = 2.16$  capas), mes en que solo predominaron las espermatogonias en la pared de los túbulos seminíferos (ver figura 4a y micrográficas 5 y 6), en octubre se da un descenso significativo en el número de capas y se mantiene sin diferencias significativas hasta junio (micrografía, 9).

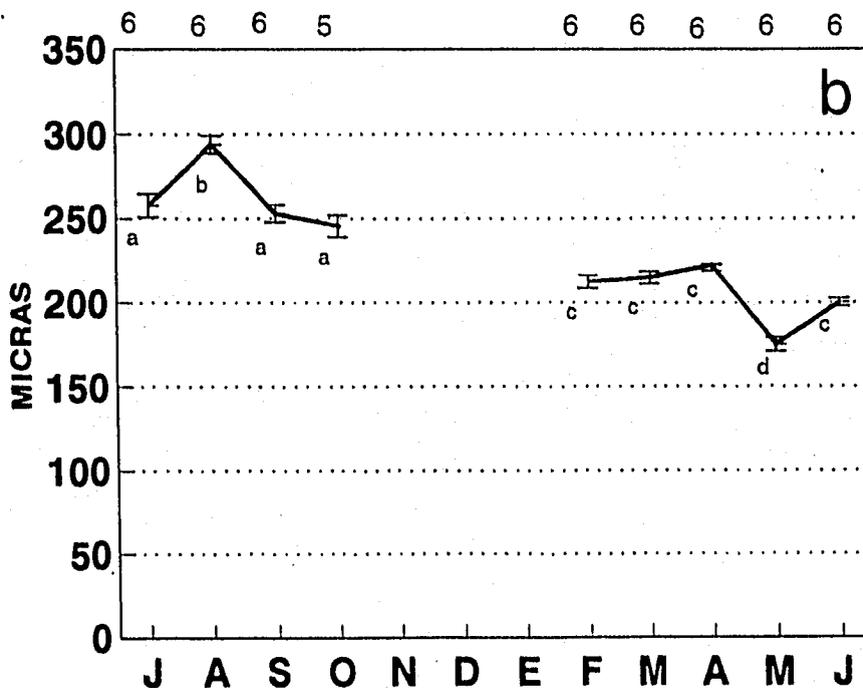
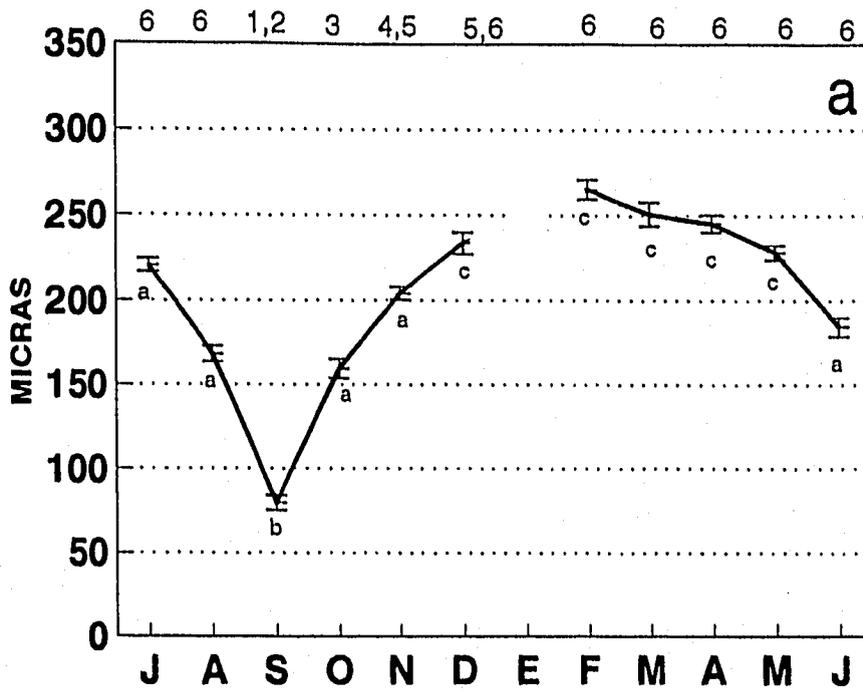


Figura 3. Variaciones en el valor medio por mes del diámetro de túbulos seminíferos. (a) Población Hidalgo; (b) Población Alvarado. Las líneas verticales corresponden al error estándar. Los cambios en la letra corresponden a las diferencias significativas, con  $P < 0.05$  de acuerdo con la prueba de rangos múltiples de Duncan. Los números arriba de la gráfica corresponden a los estadios reproductivos de acuerdo a Licht y Pearson (1969) modificado por Greenberg et al. (1984). Las indicaciones son las mismas para el resto de las figuras a menos que se indique lo contrario.



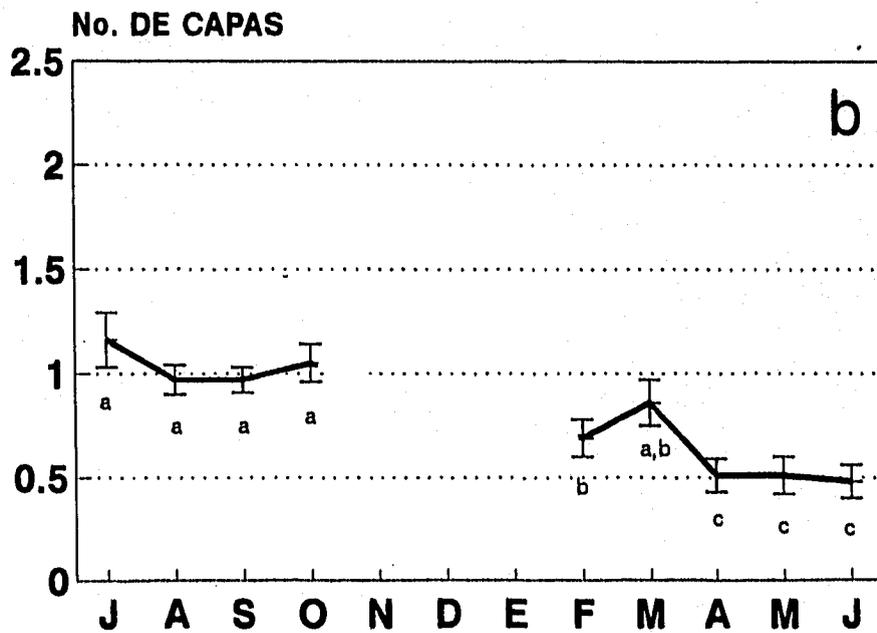
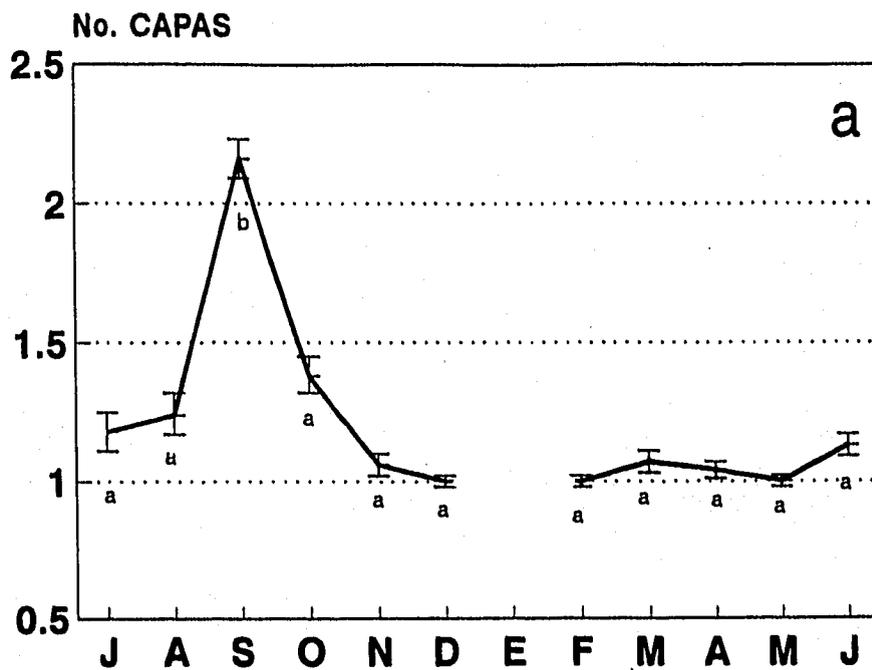


Figura 5. Cambios en el valor medio por mes del número de capas de espermatogonias .  
 (a) Población Hidalgo; (b) Población Alvarado.

## **ESPERMATOCITOS PRIMARIOS**

Se presentan variaciones muy significativas a lo largo del año ( $F(10,613) = 75.33$ ,  $P < 0.05$ ) ya que hubo valores de 1 a 4 capas durante el año, el comportamiento muestra ser cíclico (Fig., 6a) en julio y agosto se observa un valor medio en el número de capas celulares de espermatoцитos primarios, en un solo organismo, alcanzando el menor valor de todo el estudio en septiembre, cuando se llega a observar una sola capa de espermatoцитos primarios, en octubre se da el inicio de una activa formación de espermatoцитos primarios que se mantiene hasta abril con similar nivel, sobresale noviembre en el valor superior de capas ( $\bar{x} = 3.72$ ) (ver micrografía 8 y 9). En mayo y junio se observa descenso en el número de capas, con valores similares a los meses de julio y agosto (1.7 capas en promedio) (ver micrografía 2).

## **ESPERMATOCITOS SECUNDARIOS**

Las variaciones son significativas a lo largo del estudio ( $F(10,616) = 29.48$ ,  $P < 0.05$ ) (Fig. 7a) el comportamiento de estas células es similar a los espermatoцитos primarios, en la ciclicidad en el número de capas y temporalidad. En el mes de septiembre no se observaron capas de espermatoцитos secundarios (ver micrografía 6); para el mes de octubre ya se presentan capas en similar número que en agosto, y se presenta un incremento al máximo de 6.19 capas en noviembre (ver micrografía 9) manteniéndose sin diferencias significativas durante el invierno y primavera (4.7 en promedio); se observa un decremento en junio con valores similares a julio y agosto (ver micrografía 2).

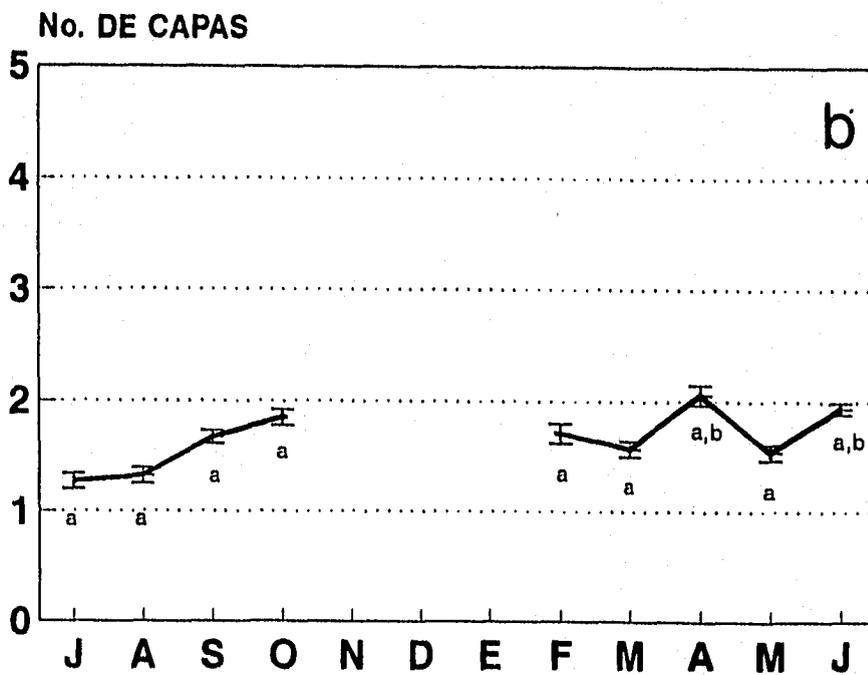
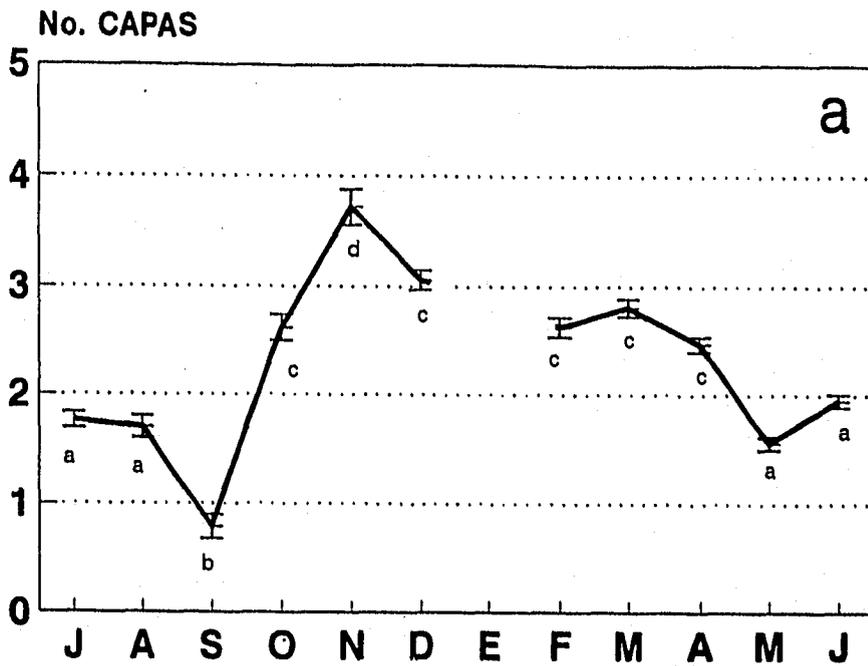


Figura 6. Cambios en el valor medio por mes del número de capas de espermatoцитos primarios .  
 (a) Población Hidalgo; (b) Población Alvarado.

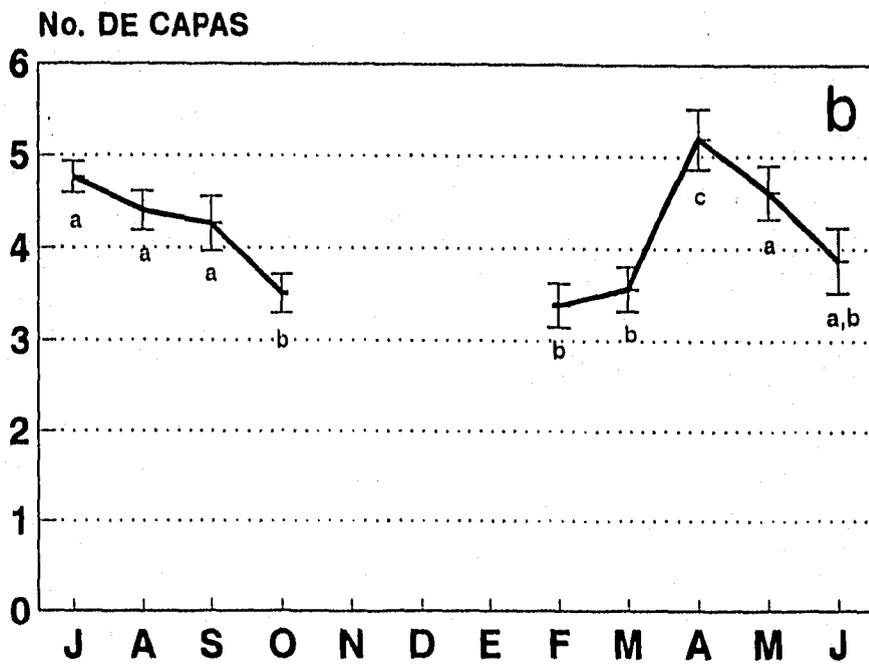
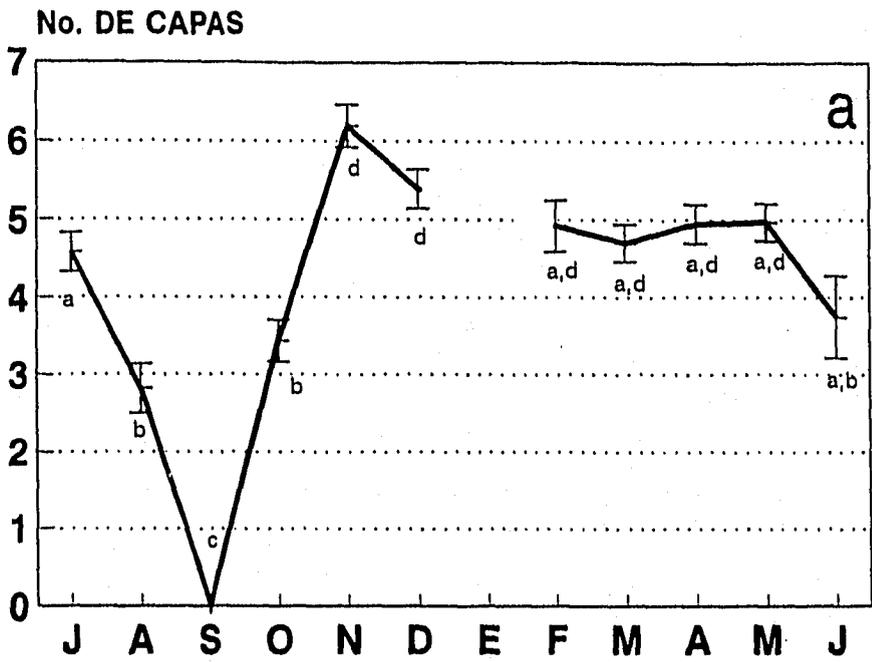


Figura 7. Cambios en el valor medio por mes del número de capas de espermatoцитos secundarios. (a) Población Hidalgo; (b) Población Alvarado.

## ESPERMÁTIDES

Con relación a las espermátides el comportamiento es similar a los anteriores componentes testiculares ( $F(10,612) = 20.68$ ,  $P < 0.05$ ). En la figura 8a, se puede ver que se presenta un valor medio en el número de capas en julio, con un incremento significativo en agosto, así como un decremento en septiembre en donde no se observaron espermátides en los túbulos (micrográficas 5 y 6). Para octubre empiezan a evidenciarse con una capa en promedio y de noviembre a abril es notoria su presencia alcanzando el máximo de capas en febrero ( $\bar{X} = 4.66$ ). Posteriormente en mayo y junio se reduce significativamente el número de capas (2.24 y 1.47 respectivamente)(ver micrografía 13).

## ALTURA DE LAS CÉLULAS DEL EPIDÍDIMO

Como se puede observar en la figura 9a las variaciones en la altura de las células del epitelio epididimal son altamente significativas a lo largo del estudio ( $F(10,612) = 99.87$ ,  $P < 0.05$ ). En julio, inicio del estudio, se presentan valores medios en la altura de las células, ( $\bar{X} = 15.91 \mu$ ) (ver micrografía 4) las cuales se incrementan en agosto y cae a su mínimo valor en septiembre y octubre, coincidiendo con la ausencia de espermatozoides en el epidídimo ( $11.84 \mu$ ), ver figura 4a y micrografía 7, lo que corresponde a los estadios reproductivos 1, 2 y 3, en noviembre se incrementa significativamente la altura epitelial ( $31.14 \mu$ ), con evidente inicio de la presencia de algunos espermatozoides en la luz del epidídimo (ver micrografía 10), para diciembre sufre un decremento la altura de las células epididimales sin dejar de presentarse espermatozoides en la luz, presentándose los estadios reproductivos 5 y 6 (ver micrografía 12), mientras que es apreciable la mayor altura del epitelio epididimal en febrero y marzo ( $37.64$  y  $36.48 \mu$ ); posteriormente se observa un descenso significativo de abril a junio (ver micrografía 14), pero aún permanece el estadio (6).

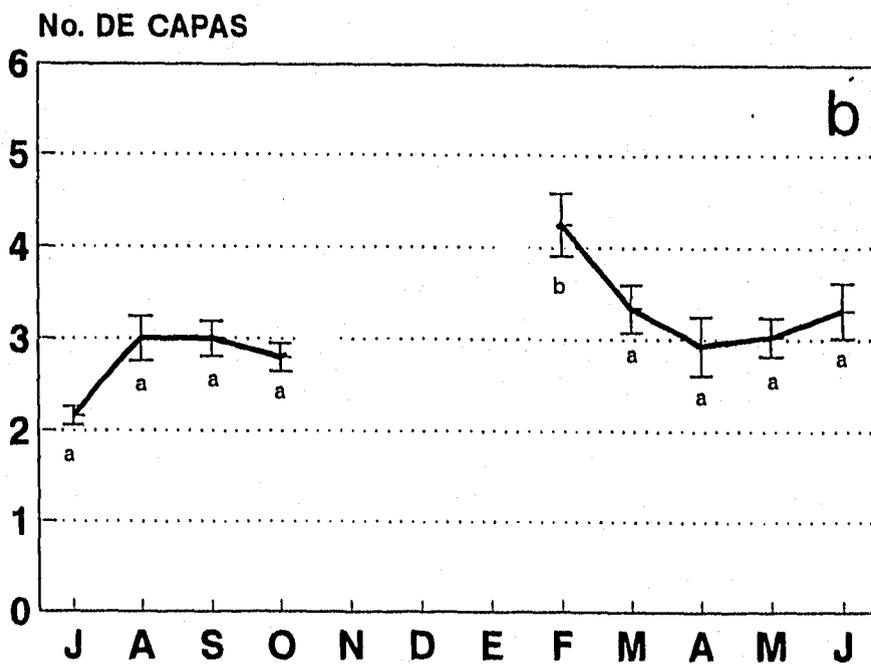
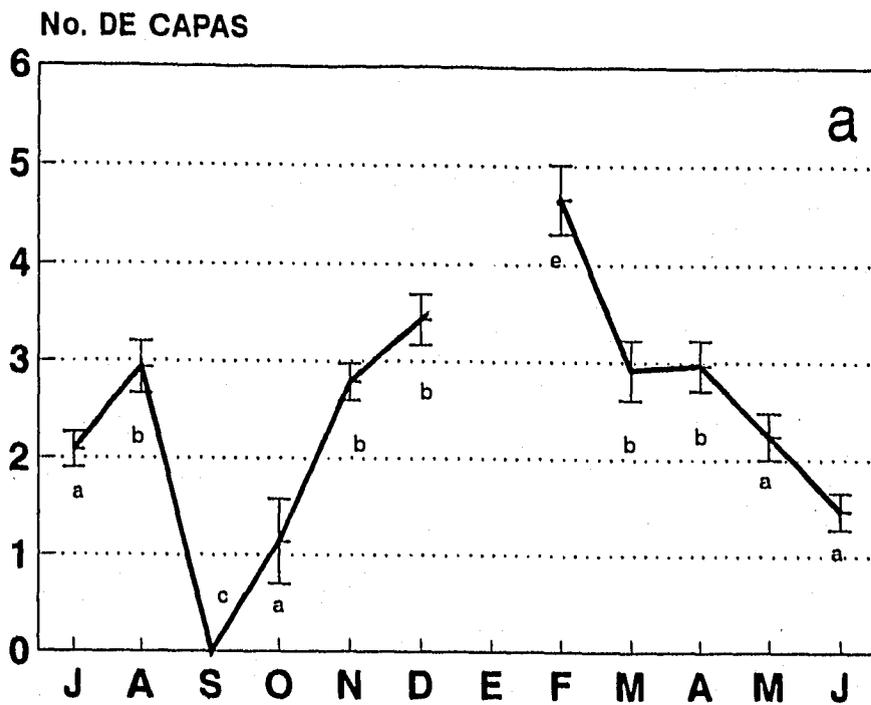


Figura 8. Variaciones en el valor medio por mes del número de capas de espermatídes. (a) Población Hidalgo; (b) Población Alvarado.

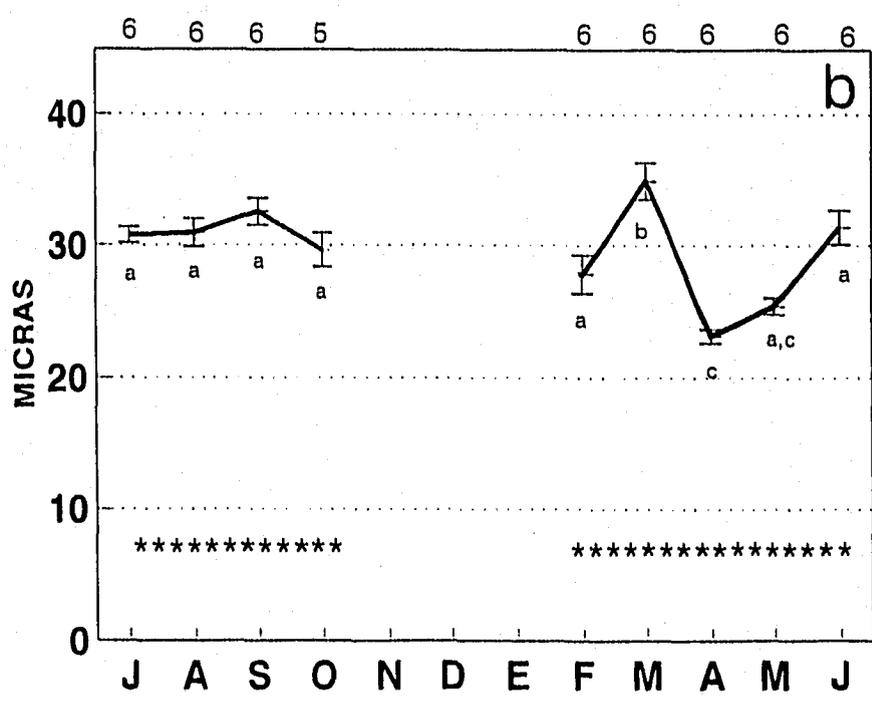
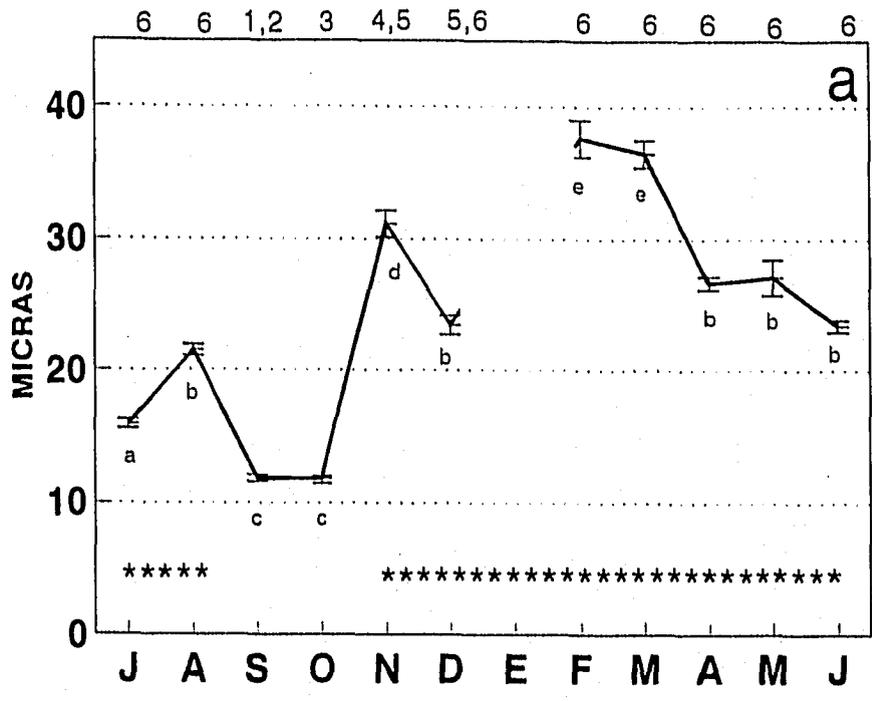


Figura 9. Cambios en el valor medio por mes de la altura de las células del epidídimo. (a) Población Hidalgo; (b) Población Alvarado. ( \* ) Presencia de esperma en la luz del epidídimo.

### **VOLUMEN NUCLEAR DE LAS CÉLULAS DE LEYDIG**

Como se observa en la figura 10a, el volumen nuclear de las células de Leydig mostró cambios significativos a lo largo de año ( $F(10,620) = 27.74$ ,  $P < 0.05$ ). Es notorio que de julio a noviembre se presentan variaciones drásticas en el volumen nuclear (ver micrográficas 2 y 3), sobresaliendo agosto con el máximo ( $54.35 \mu^3$ ), y septiembre con el menor volumen ( $24.39 \mu^3$ ), a partir de noviembre y hasta junio, se da un ascenso gradual del volumen nuclear para alcanzar valores medios de abril a junio (ver micrografía 13).

La correlación del volumen nuclear de las células intersticiales con el diámetro de los túbulos seminíferos presentó una correlación de tipo positiva poco significativa ( $r^2 = 0.10$ ,  $P = 0.05$ ).

La correlación entre el volumen nuclear de las células de Leydig con la altura del epitelio epididimal, a lo largo del año resultó ser negativa poco significativa ( $r^2 = - 0.14$ ). En la etapa de reactivación la correlación se mantiene un grado de significancia bajo ( $r^2 = 0.02$ ).

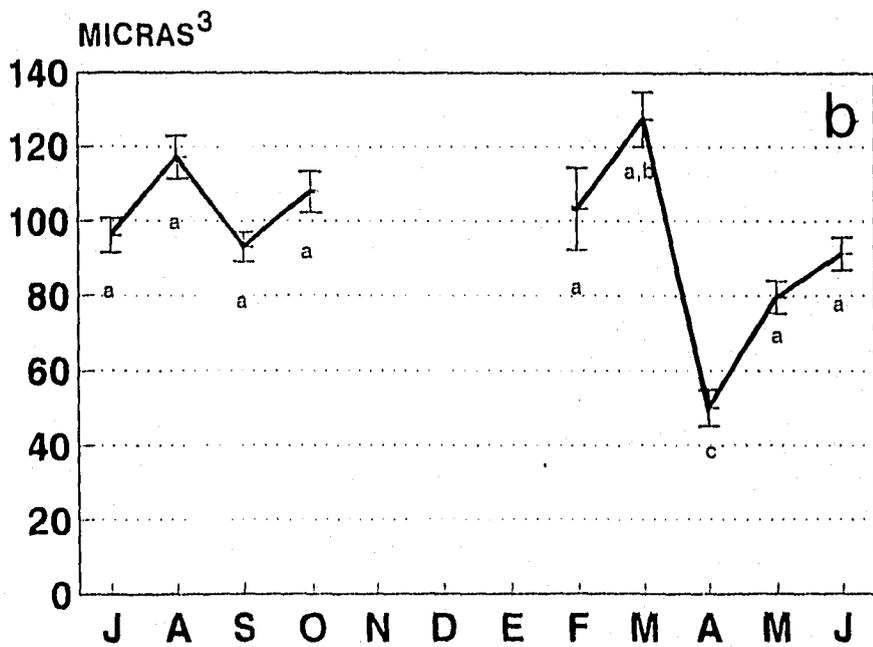
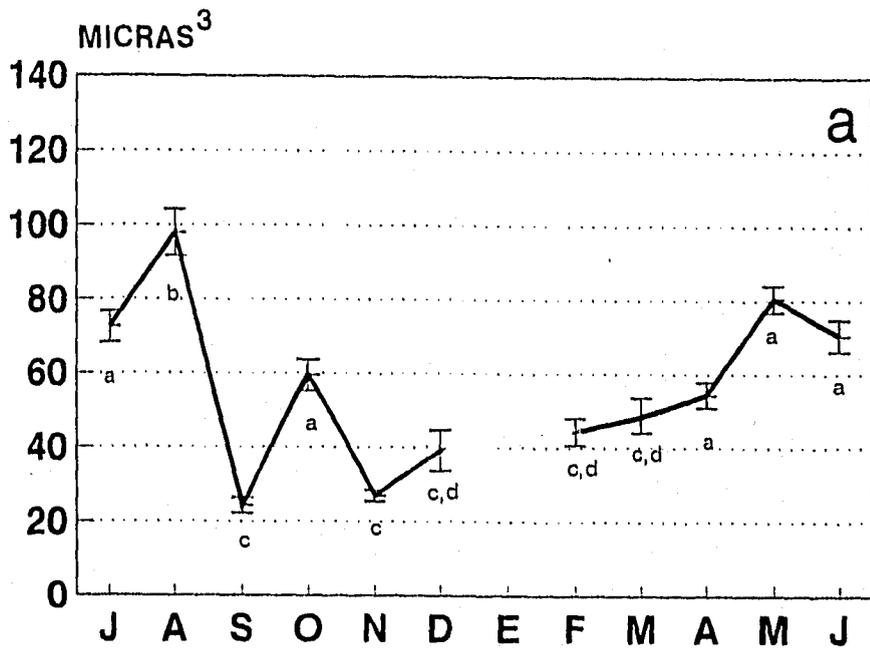
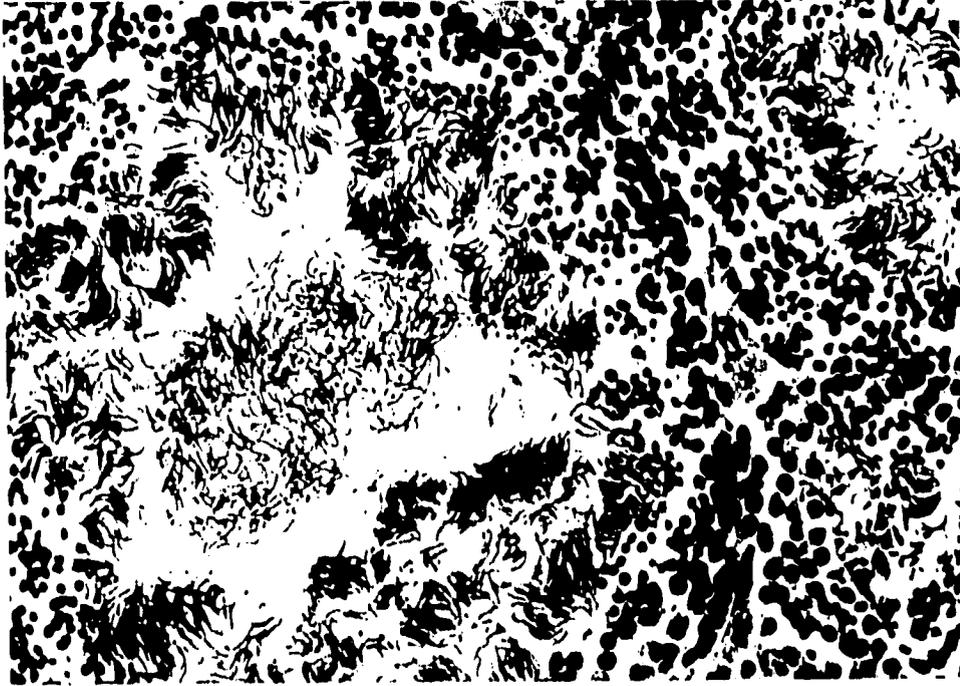
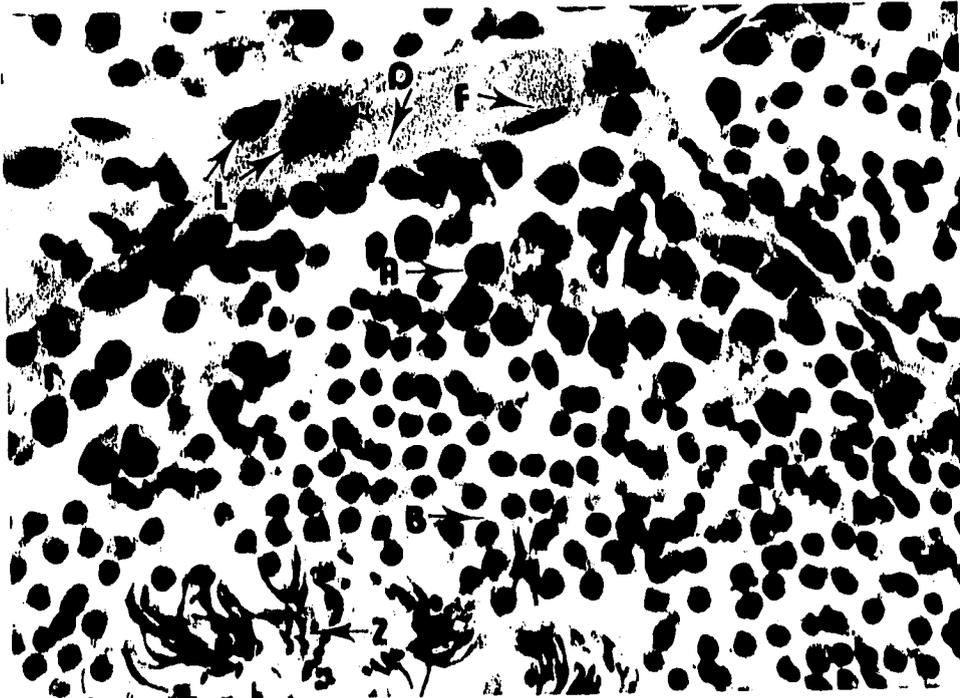


Figura 10. Variaciones en el valor medio por mes del volumen nuclear de las células de Leydig. (a) Población Hidalgo; (b) Población Alvarado.



Micrografía 1. Tubulo seminífero de un macho maduro de *Sceloporus v. variabilis* de la población Hidalgo, recolectado en julio de 1991 durante este mes se presentó actividad reproductiva (estadio 6), marcado por una intensa actividad espermatogénica ( X 200 ).



Micrografía 2.- Condición espermatogénica de un túbulo en el mes de julio (estadio 6) de la población Hidalgo, son apreciables los espermatocitos primarios (A), espermatocitos secundarios (B), espermatozoides (Z) y entre el tejido intersticial (D) las células de Leydig (L), así como fibroblastos (F) en la margen del túbulo ( X 400 ).



Micrografía 3. En el mes de julio es fácil observar las células de Leydig (L) en el tejido intersticial (D) por el alto volumen nuclear de las células intersticiales (X 1000)



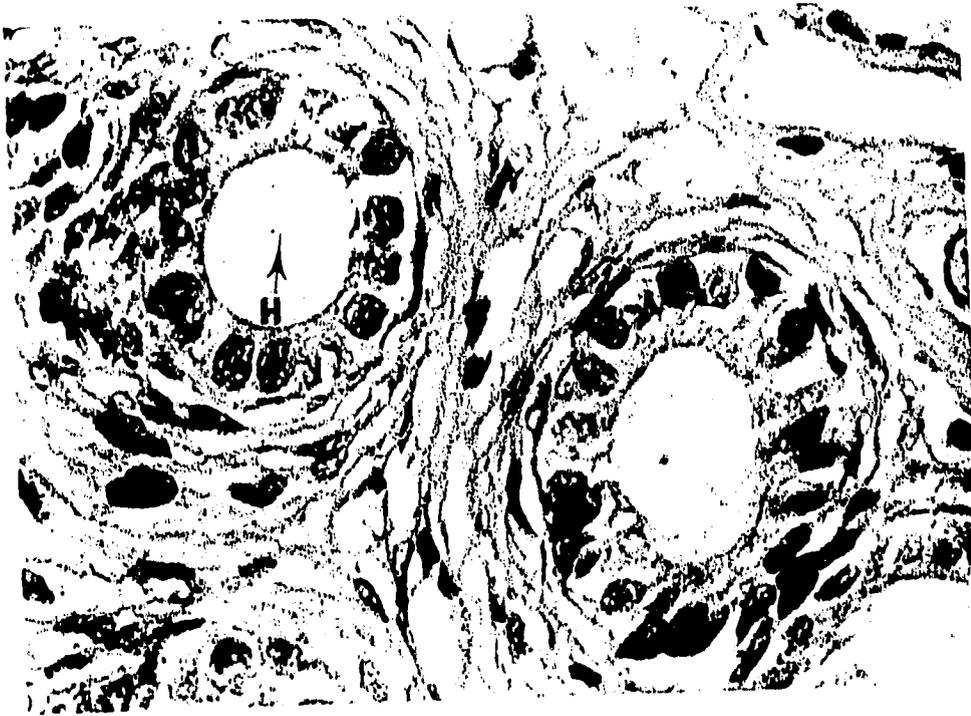
Micrografía 4. Apariencia del epidídimo en el mes de julio (estadio 6) en la población Hidalgo. Las células epididimales con su núcleo en posición basal (R), la altura del epitelio es grande y hay presencia de abundantes espermatozoides en el lumen del epidídimo (Z) (X 200).



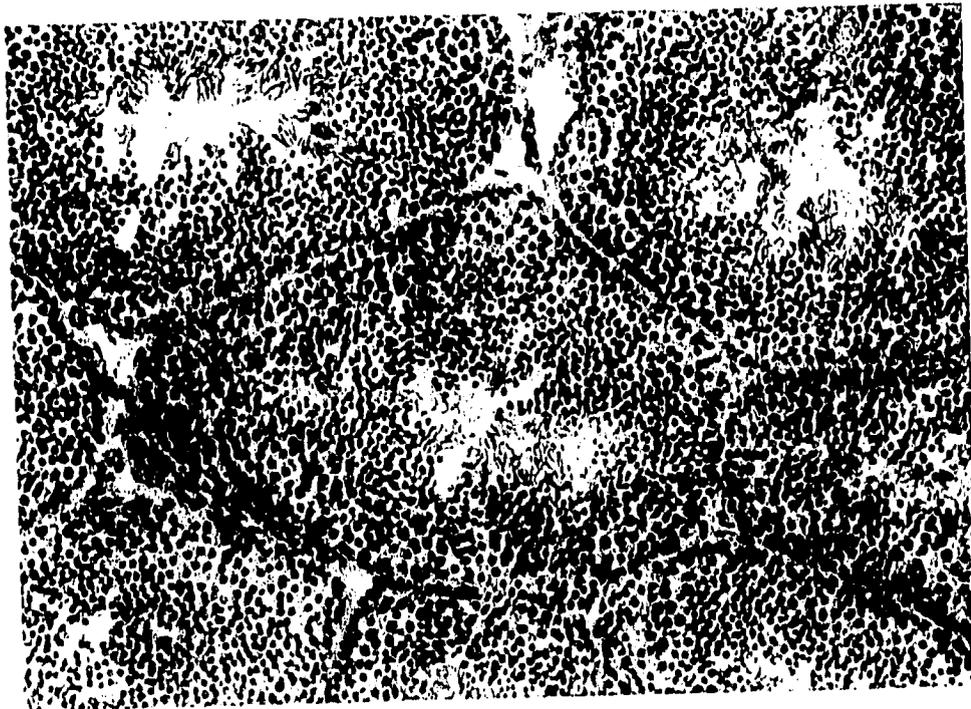
Micrografía 5. Vista del testículo de macho adulto de *Sceloporus v. variabilis* en reposo gonádico (estadio 1), observable el mes de septiembre. Los túbulos presentan casi exclusivamente espermatogonias (O). El lumen de los túbulos seminíferos se encuentran obliterados (X 1 000)



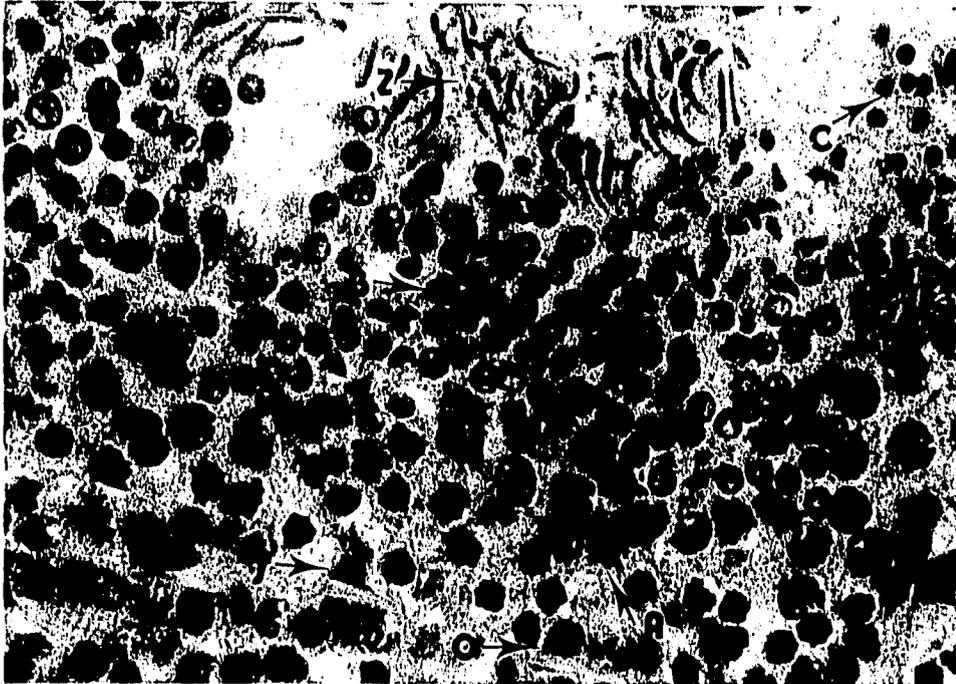
Micrografía 6. En el mes de julio en la población Hidaigo se presenta el reposo gonádico (estadio 1) los túbulos se encuentran ocupados por espermatogonias (O) y células de Sertoli (S) (X 400).



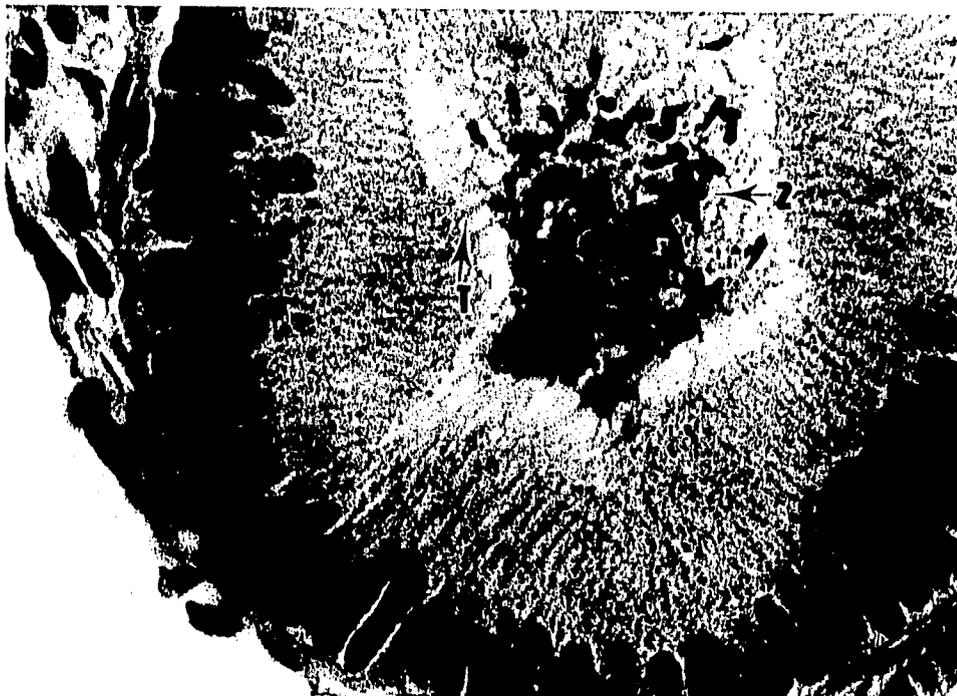
Micrografía 7. Epidídimo de un macho adulto en el mes de septiembre de la población Hidalgo, los organismos se encuentran en reposo gonádico (estadio 1). El lumen del epidídimo está reducido y vacío (H). la altura del epitelio epididimal es la mínima en el estudio ( X 400 ).



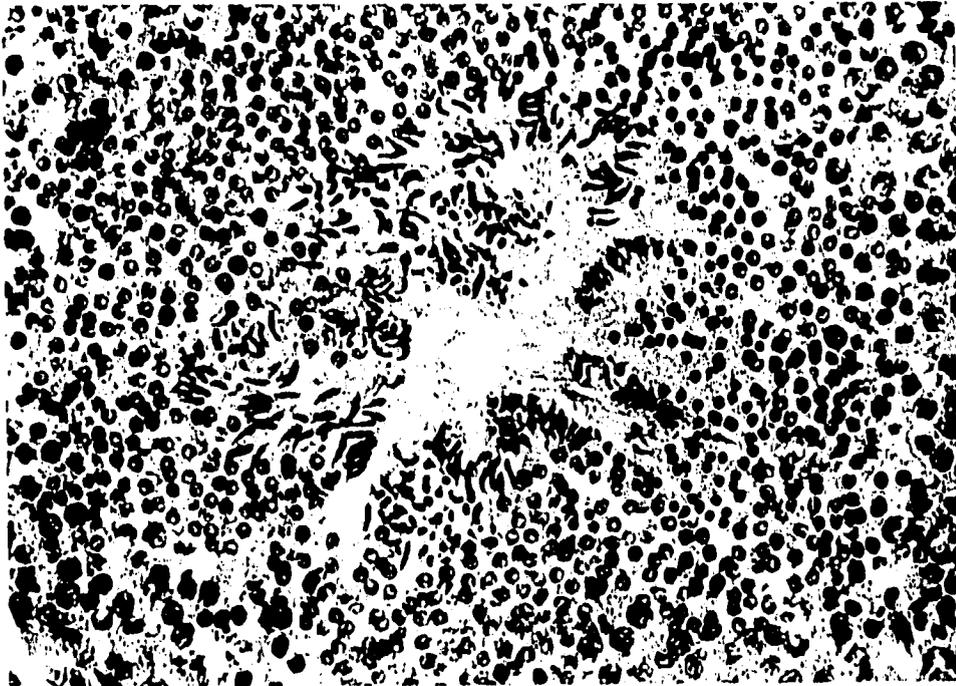
Micrografía 8. Apariencia de los túbulos seminíferos en el mes de noviembre cuando se presenta la reactivación (estadios 4 y 5). Hay una proliferación de espermátocitos primarios, espermátocitos secundarios, aparición de espermátides y espermatozoides en el lumen que ya es evidente ( X 100 ).



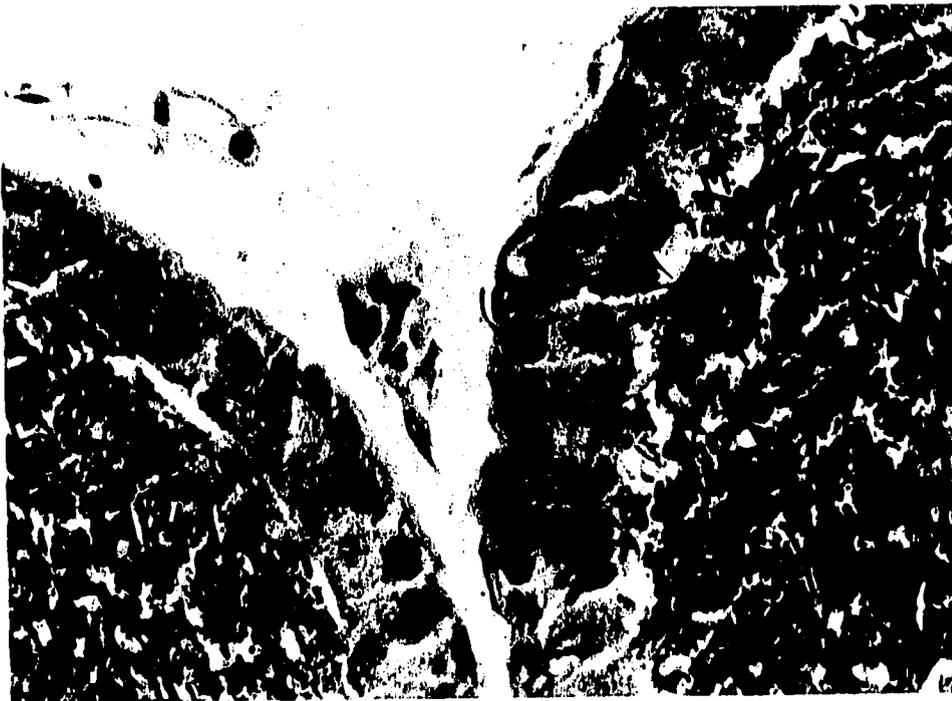
Micrografía 9. Túbulo seminífero en el mes de noviembre cuando se lleva acabo la reactivación (estadios 4 y 5) se observa una capa de espermatogonias (O), varias capas de espermatocitos primarios (A), espermatocitos secundarios (B), las espermatidas (C) y espermatozoides en el lumen (Z) y en la pared del túbulo una célula de Sertoli (S) ( X 400 ).



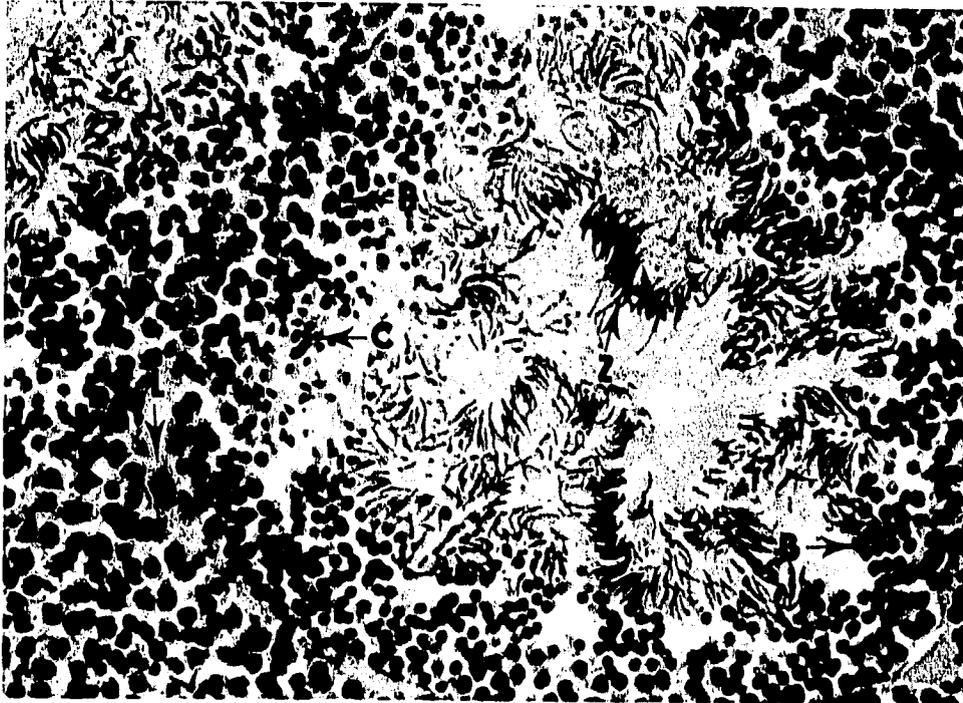
Micrografía 10 - Epididimo durante la reactivación, en la población Hidalgo, en el mes de noviembre (estadios 4 y 5). La altura del epitelio es notablemente grande y la presencia de pocos espermatozoides (Z) en el lumen, se observa también los estereocilios (T) ( X 400 )



Micrografía 11. Condición de un túbulo seminífero en el mes de diciembre cuando se inicia la máxima actividad reproductiva (estadio 6). Es notable la presencia de todos los componentes del linaje espermatogénico. El diámetro de los túbulos es grande ( X 200 ).



Micrografía 12 - Epididimo en el mes de diciembre (estadio 6) Existen grandes cantidades de espermatozoides en el lumen epididimal (Z) ( X 400 ).



Micrografía 13.- Apariencia de un túbulo seminífero en el mes de mayo cuando se presenta la máxima actividad espermatogénica (estadio 6). Es apreciable una intensa espermatogénesis marcada por la presencia de varias capas de espermatoocitos primarios (A), espermatoocitos secundarios (B), espermátides (C), gran cantidad de espermatozoides (Z) en la luz del túbulo, el alto volumen nuclear de las células de Leydig permite su fácil observación dentro del tejido intersticial (X200).



Micrografía 14.- La grande altura del epitelio epididimal marca una intensa actividad secretora en el mes de mayo (estadio 6), hay gran cantidad de espermatozoides (Z) en el lumen (400 X).

## POBLACIÓN ALVARADO

### DIÁMETRO TÚBULOS SEMINÍFEROS

Se observan cambios significativos en el diámetro de los túbulos seminíferos ( $F(10,620) = 56.26$ ,  $P < 0.05$ ) (Fig. 3b). Existen dos grandes grupos en el diámetro tubular, el primero formado por los ejemplares de julio, agosto, septiembre y octubre en donde el diámetro de los túbulos seminíferos presentan sus valores mayores (ver micrografía 15), sobresaliendo agosto con el valor máximo ( $\bar{x} = 294.09 \mu$ ) y el segundo grupo cuyos ejemplares muestran el menor diámetro tubulares, corresponden a los meses de enero, febrero, marzo y junio. De estos, mayo presenta el mínimo diámetro de los túbulos seminíferos ( $\bar{x} = 175 \mu$ ) (ver micrografía 19). Las variaciones no corresponden con cambios en el estadio de actividad reproductiva ya que los meses presentan el estadio espermatogénico 6 que corresponde al de máxima actividad reproductiva a excepción del mes de octubre que presentó el estadio de actividad 5 que implica espermiogénesis (ver micrografía 17). En la figura 4b se aprecia la presencia de todos los componentes del linaje espermatogénico en tubulos seminíferos, en cada uno de los meses con datos.

### ESPERMATOGONIAS

Se presentaron variaciones significativas ( $F(8,636) = 7.36$ ,  $P < 0.05$ ) en el número de capas de espermatogonias (Fig., 5b). Las características de estas variaciones permite la formación de tres grupos, el primero comprende a los meses de julio a octubre donde el número de capas es ligeramente mayor ( $\bar{x} = 1.1$ ) (ver micrografía 16); el segundo grupo corresponde a los meses de febrero y marzo ( $\bar{x} = 0.69$  y  $0.86$  capas, respectivamente), con un descenso al mínimo número de capas en abril, mayo y junio ( $0.5$  en promedio).

### ESPERMATOCITOS PRIMARIOS

A lo largo del estudio se dan variaciones significativas en el número de capas ( $F(8,636) = 10.55$ ,  $P < 0.05$ ) (Fig., 6b y micrografías 15,16 y 19). Sobresalen los meses de abril y junio con ligeramente mayor número de capas ( $2$  en promedio).

### **ESPERMATOCITOS SECUNDARIOS**

Se observan cambios significativos en el número de capas de espermátocitos secundarios. ( $F(8,636) = 8.36, P < 0.05$ ) (Fig. 7b). Se evidencian dos grupos, el primero comprende los meses de julio, agosto, septiembre, abril, mayo y junio y de estos sobresale abril con el valor máximo de capas ( $\bar{x} = 5.19$ ) (ver micrográficas 15 y 19). El segundo grupo comprende octubre, febrero y marzo que presentaron en promedio 3.5 capas (ver micrografía 17).

### **ESPERMÁTIDES**

Los cambios en el número de capas de espermátides a lo largo del estudio son pocos significativos ( $F(8,636) = 4.8 < 0.05$ ) como se observa en la figura 8b. El comportamiento es similar entre la mayor parte de los meses (ver micrográficas 15 y 19), a excepción de febrero que muestra ser significativamente mayor en el número de capas ( $\bar{x} = 4.25$ ).

### **ALTURA DE LAS CÉLULAS DEL EPITELIO DEL EPIDÍDIMO**

La altura del epitelio epididimal muestra variaciones significativas ( $F(8,630) = 11.01 < 0.05$ ) a lo largo del estudio. Durante los meses julio, agosto, septiembre, octubre y febrero se comportan de forma similar (Fig., 9b). El mes de octubre aún y cuando mostro en estadio (5) es apreciable que la altura del epitelio se mantiene alta, sin embargo, la cantidad de esperma en el lumen se reduce (ver micrografía 18). Hay incremento máximo en marzo ( $\bar{x} = 34.86 \mu$ ), una disminución significativa en la altura del epitelio en abril ( $23.16 \mu$ ) y tendencia a un incremento hasta junio cuando alcanza valores similares a los cinco primeros meses del muestreo ( $30.33 \mu$  en promedio) (ver micrografía 20). Aún cuando se observa reducción en la altura de las células epididimarias esto no indica cambio en el estadio reproductivo (6) que es generalizado.

### **VOLUMEN NUCLEAR DE LAS CÉLULAS DE LEYDIG**

Se presentaron variaciones significativas en el volumen nuclear de las células de Leydig ( $F(8,617) = 11.02, P < 0.05$ ) (Fig. 10b). En los meses de

julio a octubre y febrero se dan fluctuaciones en sus valores (93.08 a 117.17  $\mu^3$ ) sin embargo, la diferencia entre estos meses no es significativa (ver micrografías 15 y 16). En marzo se presentó el valor máximo en el volumen nuclear (127.45  $\mu^3$ ) el cual decae al mínimo valor en abril (49.97  $\mu^3$ ), para que en los dos meses siguientes alcance valores similares a los cinco primeros meses del estudio.

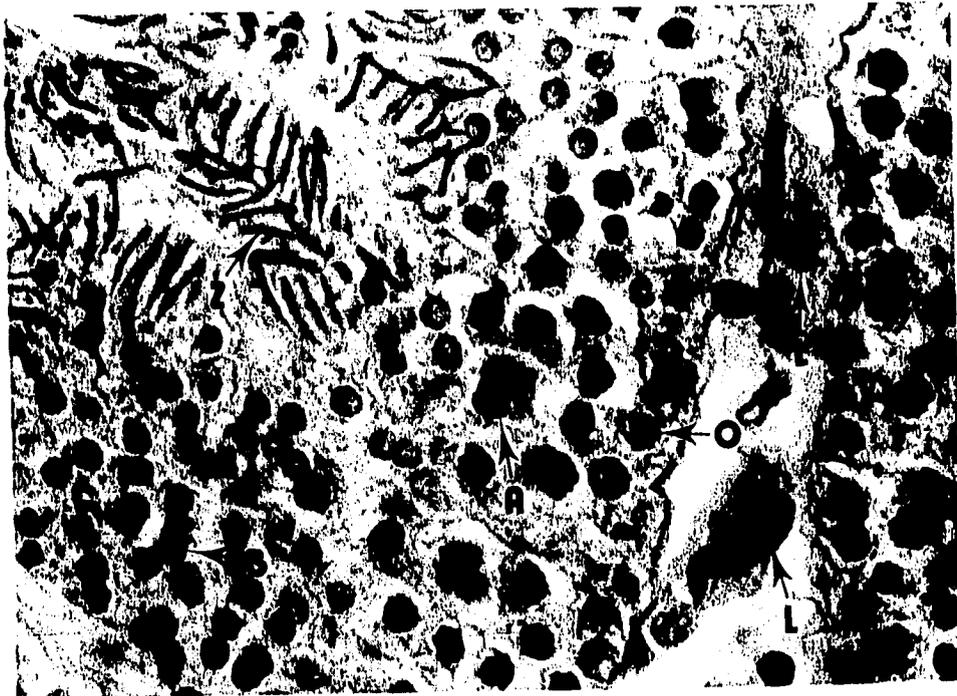
La correlación del volumen nuclear de las células intersticiales con el diámetro de los túbulos seminíferos presentó una correlación positiva poco significativa ( $r^2 = 0.34$ ,  $P = 0.05$ ).

Al correlacionar el volumen nuclear de las células de Leydig en todo el muestreo y la altura del epitelio epididimario resultó positiva con alta significancia ( $r^2 = 0.81$ ,  $P = 0.05$ ). Esta relación se incrementó cuando se consideraron los meses de mínima y máxima actividad gonádica ( $r^2 = 0.93$ ).

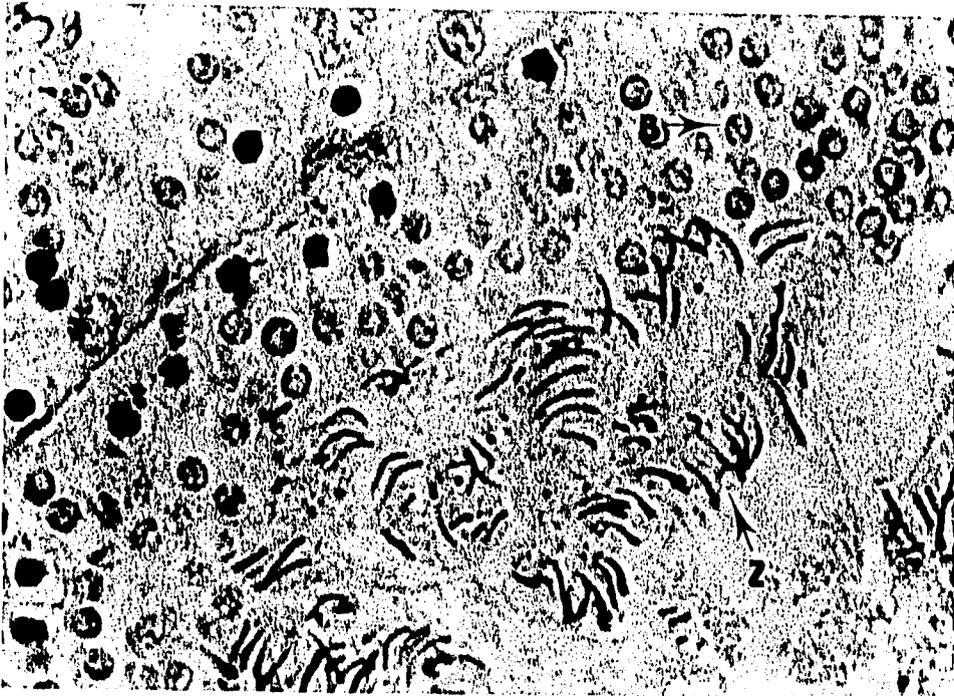
Al comparar los valores del volumen nuclear de las células intersticiales entre ambas poblaciones es apreciable que los valores medios de la población de Alvarado oscilan entre 80 y 126  $\mu^3$ , mientras que en Hidalgo los valores oscilan de 24  $\mu^3$  y 97.5  $\mu^3$  por lo que es evidente que el volumen nuclear de las células de Leydig se mantiene en valores altos en los ejemplares de la población de Alvarado ( $t = 3.9$ ,  $df = 16$ ,  $P < 0.05$ ).



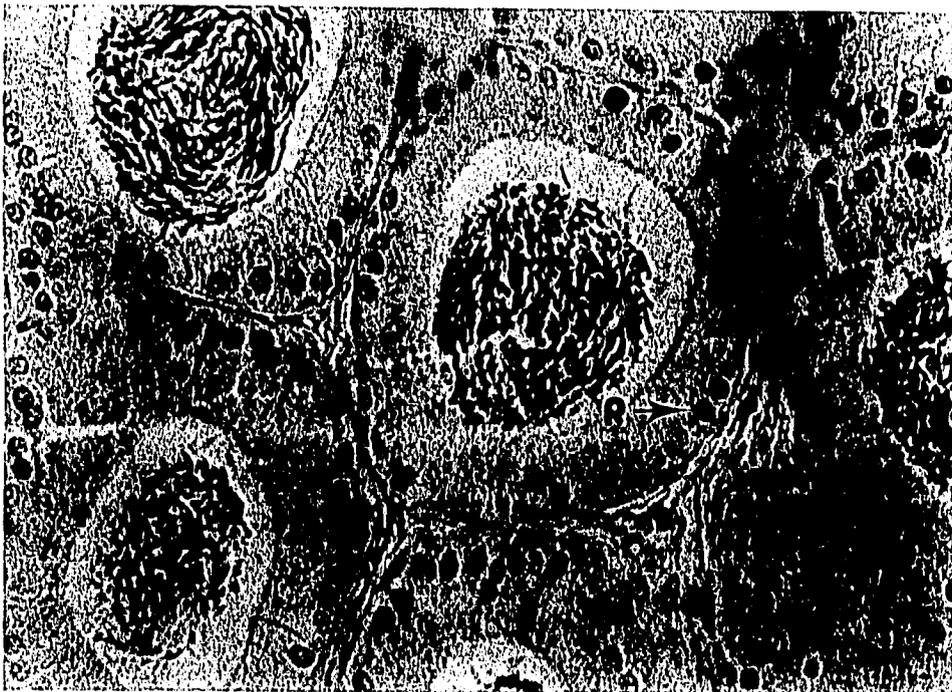
Micrografía 15. Actividad reproductiva (estadio 6) en el mes de agosto en la población Alvarado. Hay espermatogonias (O), presencia de capas espermatocitos primarios (A), capas de espermatocitos secundarios (B), espermátides (C) y espermatozoides (Z) en la luz del túbulo seminífero. En el tejido intersticial son apreciables dos células de Leydig (L) ( X 200 )



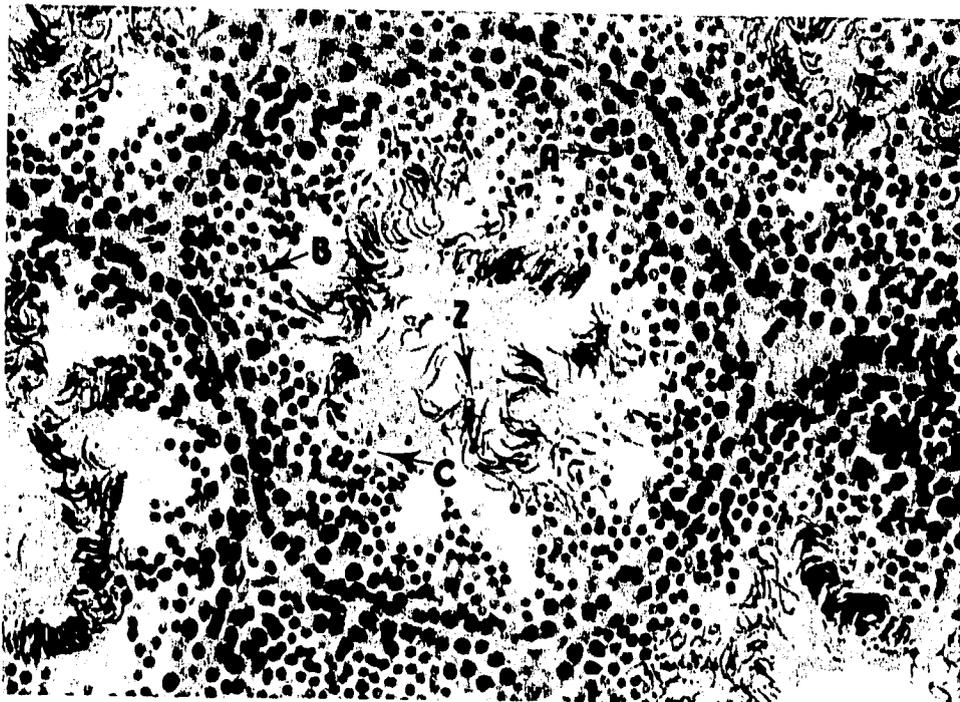
Micrografía 16. En un acercamiento del túbulo seminíferos es apreciable la actividad espermatogénica avanzada (estadio 6) en el mes de agosto por la presencia de ogonias (O), espermatocitos secundarios (B), espermatozoides en la luz del túbulo (Z), son observables las células de Leydig (L) en el tejido intersticial ( X 400 ).



Micrografía 17. En el mes de octubre se vio reducida la actividad espermatogénica en la población Alvrado (estadio 5). Esto se aprecia por una reducción en el diámetro tubular por la reducción en el número de capas y descenso en la transformación de espermátides a espermatozoides. Se observa algunas capas de espermátocitos secundarios (B) y pocos espermatozoides en la luz del túbulo ( X 400 ).



Micrografía 18. El epidídimo en el mes de octubre cuando se presentó el estadio (5), es notable una reducción en la cantidad de espermia en la luz (Z), no así en las altura las células del epitelio epididimal que mantienen su actividad secretora (R) ( X 200 ).



Micrografía 19. Condición de actividad reproductiva (estadio 6) observado en el mes de mayo de la población Alvarado. Son observables las capas de espermatoocitos primarios (A), espermatoocitos secundarios (B), espermátides (C) y espermatozoides (Z) en la luz del túbulo (200 X).



Micrografía 20. En la luz del epididímlmo es apreciable grandes cantidades de esperma, en el mes de mayo, en la población Alvarado (estadio 6) ( X 400 ).

## ÍNDICE GONADOSOMÁTICO

Para la población de Hidalgo el índice Gonadosomático evidencia variaciones significativas ( $F(10,56) = 16.18$   $P < 0.05$ ) a lo largo del estudio, donde se muestra una actividad cíclica en las dimensiones de la gónada (Fig. 11a).

El análisis de las características macroscópicas y microscópicas de los testículos permite establecer los siguientes eventos de acuerdo a como se realizó el estudio:

**Actividad Reproductiva:** en julio, agosto y junio período en el que se presenta el estadio 6 aunque el volumen testicular, diámetro de túbulos seminíferos y altura del epitelio epididimario no presentan sus valores superiores (ver micrográficas 1, 2 y 4).

**Reposo Gonádico:** se presenta en septiembre, marcado por el mínimo valor en el volumen testicular y confirmado por bajo diámetro de los túbulos seminíferos, por la sola presencia de espermatogonias en la luz de los túbulos seminíferos. La altura del epitelio epididimal se encuentra reducido (ver micrográficas 5, 6 y 7).

**Reactivación Gonádica:** comprendió los meses de octubre y noviembre, en los cuales hay un significativo incremento en el volumen testicular, diámetro de túbulos seminíferos, proliferación de la estirpe espermatogénica e incremento en la altura de los células del epidídimo (ver micrografía 8, 9 y 10).

**Máxima Actividad Reproductiva:** se presenta de diciembre a mayo, lapso con el máximo volumen testicular, concordante también con el mayor diámetro de los túbulos seminíferos por la presencia de todos los componentes espermatogénicos, valores altos en la altura del epitelio epididimal y grandes paquetes de espermatozoides en la luz de epidídimo (ver micrográficas 11,12,13 y 14).

En la población de Alvarado el comportamiento del Índice Gonadosomático muestra variaciones significativas ( $F(8,66) = 5.36$   $P > 0.05$ ) entre los meses que sí se obtuvo muestra, como se observa en la figura 12b; marzo y octubre muestran los valores mínimos en el índice y los meses de julio, mayo y junio muestran ser ligeramente mayores, pero se puede decir que en general hubo **Actividad Reproductiva** en los meses que se tiene muestra.

## PIGMENTACIÓN DEL TESTÍCULO

Al revisar las gónadas durante la toma de datos fue evidente la pigmentación de algunas gónadas en diferente proporción entre las dos poblaciones estudiadas.

En la población de Hidalgo únicamente 5 organismos de la muestra total de 71 presentaron alguna de las gónadas con pigmento. En noviembre 1 organismo (20% de la muestra del mes) presentó dos tercios de la gónada izquierda pigmentada, en diciembre 1 organismo (12.5%), con ambos testículos pigmentados en menos de un tercio de su extensión, en marzo 2 organismos (25%), uno con 2 tercios de extensión y el otro con un tercio, en ambos el testículo izquierdo, en mayo un solo organismo con el testículo derecho pigmentado en un tercio. Hay que considerar que aunque solo representan el 7.04% de los organismos totales, estos pertenecen a meses con alta actividad espermatogénica.

En la población de Alvarado, de los 78 machos analizados 37 de ellos (47.43%) presentaron el testículo izquierdo, con pigmento color café. De los que presentaron pigmento el 16.21% correspondió a animales con toda la gónada izquierda pigmentada, el 27.02% presentó dos tercios en extensión de la gónada teñida y el 56.77% restante con extensión de un tercio o menos. Únicamente 2 organismos presentaron ambos testículos con pigmento (septiembre y febrero respectivamente).

Los meses con mayor número de organismos con la gónada pigmentada correspondieron a abril con (91.66%) de los organismos, le sigue febrero (90%), mayo (87.5%), septiembre (66.76%), junio (62.5%) y julio (20%). En agosto y octubre ningún organismo presentó gónada con pigmento.

El patrón de pigmentación siempre fue del casquete cefálico a la parte posterior del testículo. No todos los que presentaron máximo índice gonadosomático mostraron coloración o el máximo de área pigmentada, incluso algunos organismos de menor índice gonadosomático presentaron más extensión pigmentada. Hay un caso en febrero en que el testículo estaba totalmente teñido y el epidídimo se ve poco desarrollado.

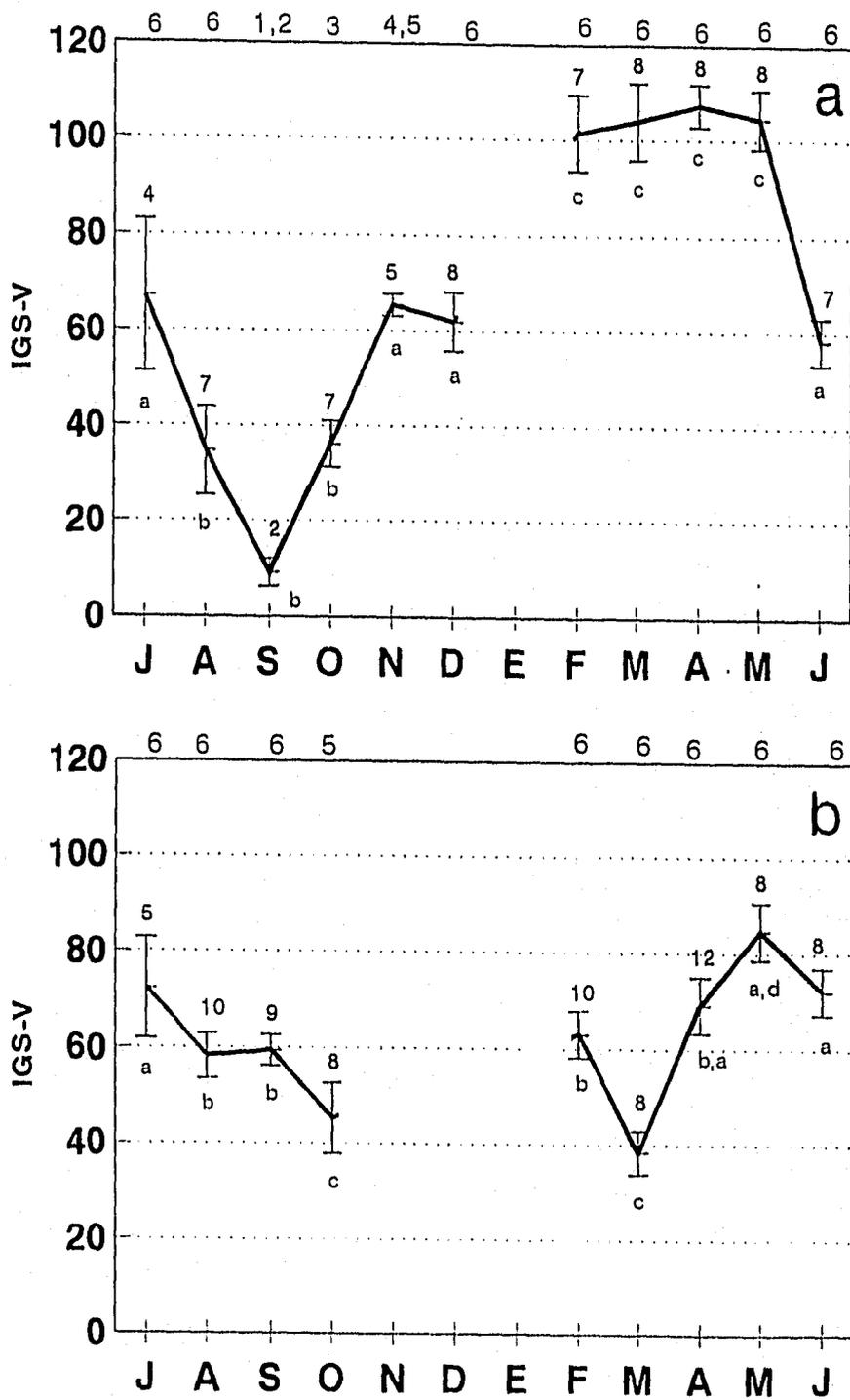


Figura 11. Variaciones en el valor medio por mes del Índice Gonadosomático. Los valores sobre las líneas verticales (error estándar) corresponde al número de organismos analizados. (a) Población Hidalgo, (b) Población Alverado.

Hay que resaltar que en octubre no se observó ninguna gónada con coloración y durante este mes se observó el estadio de actividad 5, sin embargo, en agosto se observa el estadio 6 y tampoco hay testículos con pigmento.

### ÍNDICE SOMÁTICO DE CUERPOS GRASOS

Como se puede apreciar en la Fig., 12a, las reservas grasas en la población de Hidalgo, muestran variaciones significativas a lo largo del estudio ( $F(10,56) = 7.44$   $P < 0.05$ ). Al inicio de muestreo (julio) se observa bajo contenido de reservas grasas las cuales sufren un constante incremento hasta alcanzar un pico máximo de octubre a diciembre, meses de otoño-invierno, dándose un descenso drástico en febrero y manteniéndose hasta junio con valores bajos de reservas grasas.

En la población de Alvarado no se dan cambios significativos ( $F(8,66) = 1.58$   $P > 0.05$ ) en los valores de reservas grasas en los meses que se tiene ejemplares, aunque se evidencian valores menores en los meses de agosto y abril (Fig. 12b).

Comparando ambas poblaciones es evidente que en la población de Hidalgo hay cambios significativos en el almacenaje de grasas y que esta población llega a almacenar tres veces más la cantidad de lípidos que la población en Alvarado ( $t=2.53$ ,  $df = 18$ ,  $P < 0.05$ ).

### ÍNDICE DE CONDICIÓN FÍSICA

Para la población de Hidalgo como se observa en la figura 13a, se dan cambios significativos en los valores del Índice de Condición Física ( $F(10,56) = 2.76$   $P < 0.05$ ) presentándose valores relativamente estables a lo largo del año con excepción de los meses de octubre y noviembre cuando se presenta la mayor robustez de los organismos, son meses posteriores a la lluvias de verano y que anteceden a los valores de máxima actividad reproductiva.

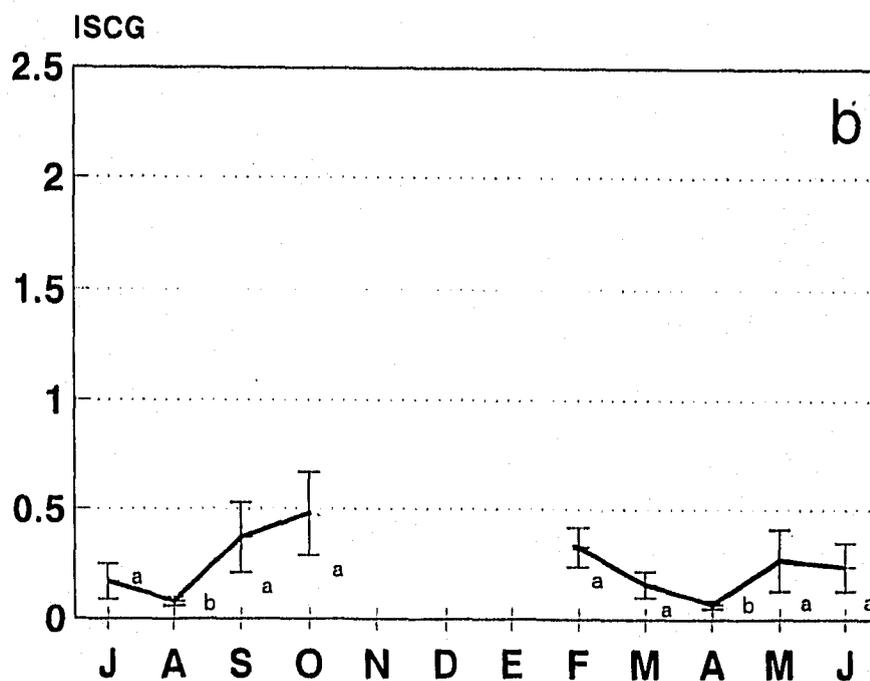
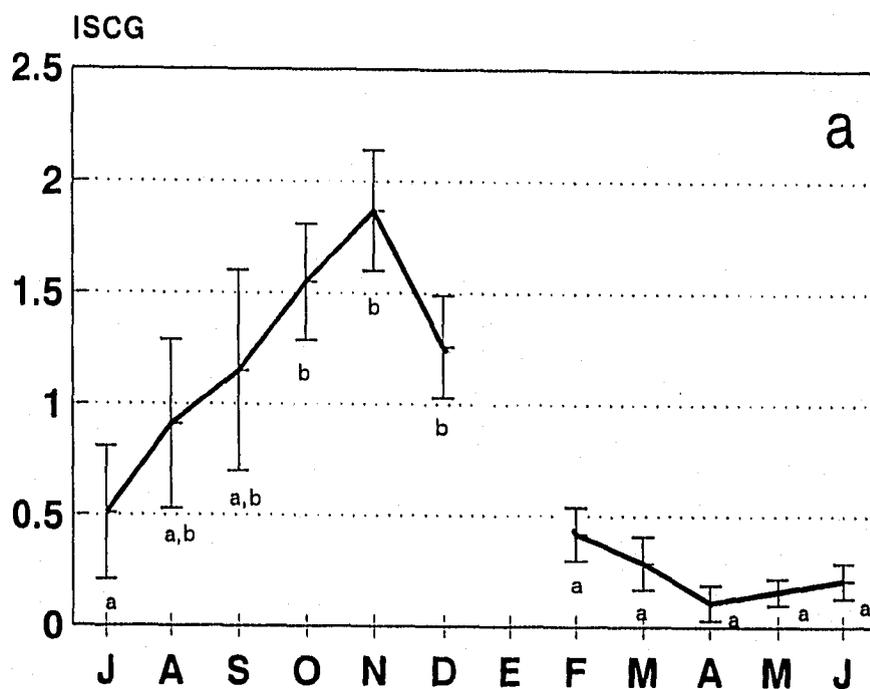


Figura 12. Variaciones en el valor medio por mes del Índice Somático de Cuerpos Grasos. (a) Población Hidalgo, (b) Población Alvarado.

En Alvarado la población no muestra cambios significativos ( $F(8,66) = 0.44$   $P > 0.05$ ) en el Índice de Condición Física lo cual muestra que la robustez se mantiene constante durante el estudio (Fig., 13b), a excepción del mes de octubre.

Comparando ambas poblaciones, en Alvarado la condición física es más estable, no así la de Hidalgo que es oscilante y la mayor condición física se da en meses que anteceden el período de desarrollo testicular, además es notorio que la población de Hidalgo puede alcanzar un 28% mayor robustez con respecto a la población de Alvarado ( $t = 2.99$ ,  $df = 18$ ,  $P < 0.05$ ).

#### **PESO DEL CONTENIDO ESTOMACAL**

En la población de Hidalgo se observan cambios poco significativos ( $F(10,56) = 2.78$ ,  $P < 0.05$ ) en el peso del contenido estomacal (Fig., 14a). Los valores se mantienen similares a lo largo del estudio con un ligero valor superior en el mes de agosto, que corresponde a la época de lluvias, en que el peso del contenido es el máximo, por otro lado febrero resulta ser ligeramente menor peso del contenido estomacal.

En la población de Alvarado no se observan cambios significativos en el peso del contenido estomacal ( $F(8,66) = 1.23$   $P > 0.05$ ) (Fig., 15b) lo cual indica que el suministro de alimento es más constante en cantidad.

Parece ser que ambas poblaciones pueden adquirir alimento en la misma cantidad, aunque en Hidalgo es ligeramente mayor en Otoño. La población de Hidalgo tiene mayor variación en el peso del contenido estomacal (intervalo 0.76 - 3.2 gr) que el de la población de Alvarado (1.07 - 2.27 gr). Lo que indica que la población de Hidalgo está sujeta a una estacionalidad en el suministro de alimento, aunque no parece haber diferencias estadísticas ( $t = 0.78$ ,  $df = 18$ ,  $P > 0.05$ ).

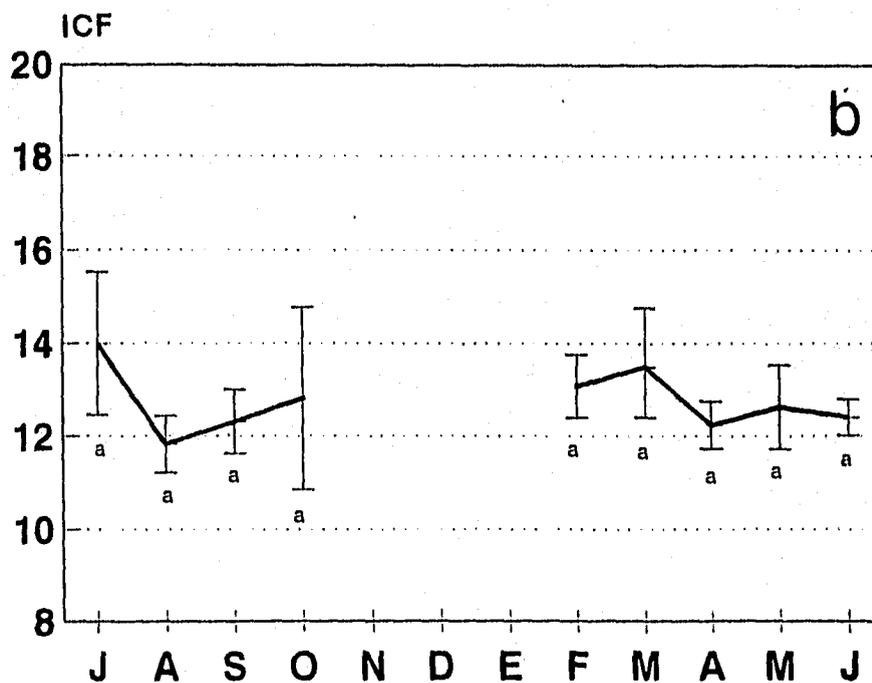
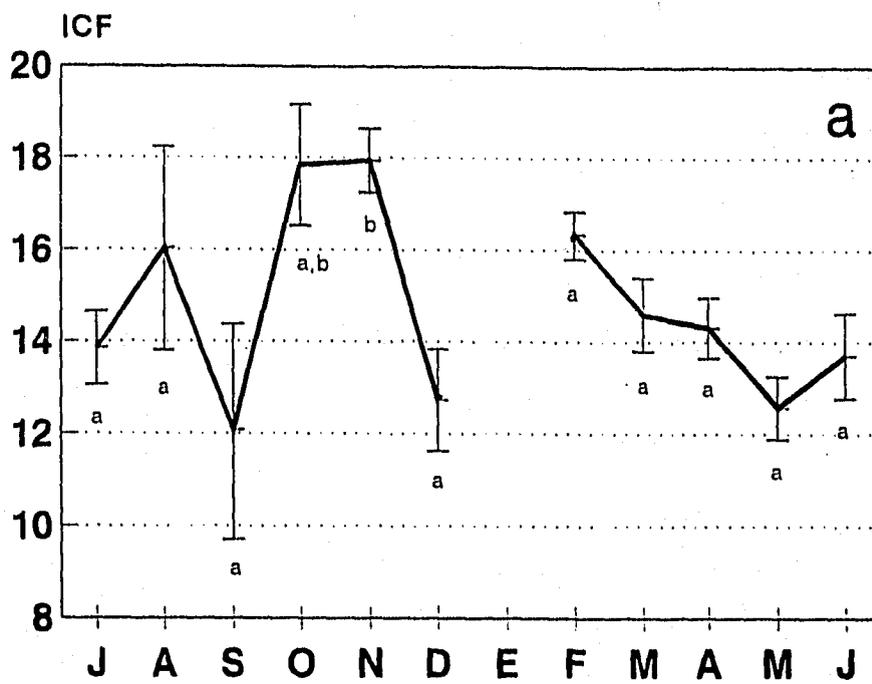


Figura 13. Variaciones en el valor medio por mes del Índice de Condición Física. (a) Población Hidalgo, (b) Población Alvarado.

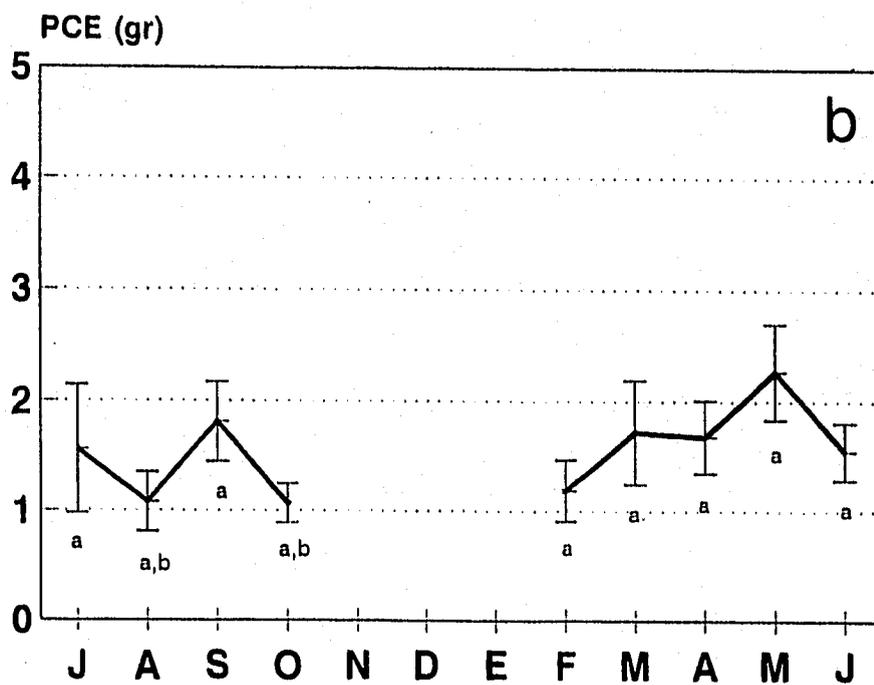
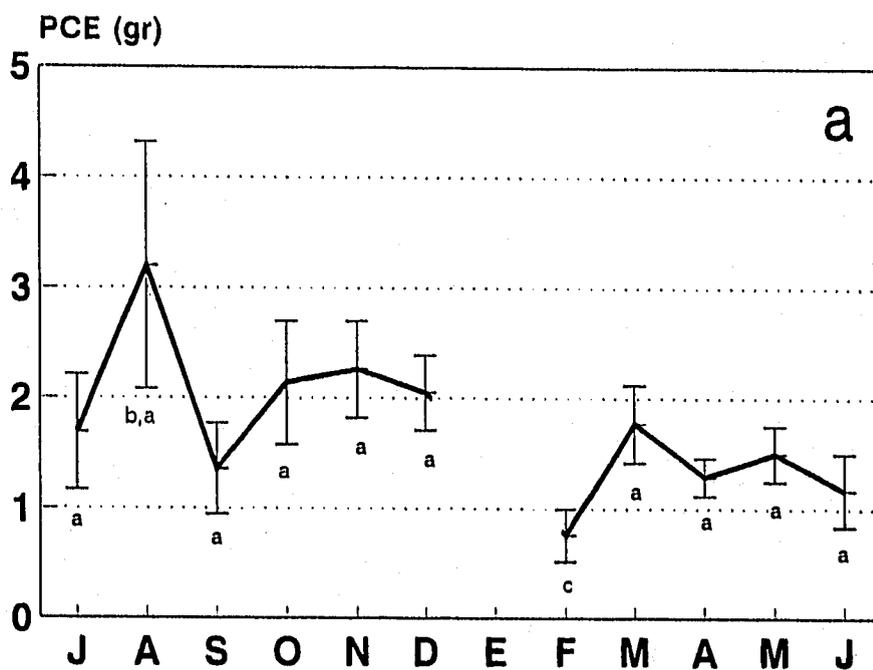


Figura 14. Variaciones en el valor medio por mes en el Peso del Contenido Estomacal. (a) Población Hidalgo, (b) Población Alvarado.

## ÍNDICE SOMÁTICO DEL HÍGADO

En cuanto al tamaño del hígado en la población de Hidalgo no se presentaron diferencias significativas a lo largo del estudio ( $F(10, 56) = 1.4$   $P > 0.05$ ) ver figura 15a.

En la población de Alvarado se observaron diferencias poco significativas en el índice somático del hígado durante el estudio ( $F(8,74) = 2.7$   $P = 0.05$ ) como se puede observar en la figura 15b. En ambas poblaciones la correlación del peso del hígado con IGS-V no mostró relación significativa ( $r^2 = -0.15$  en Hidalgo y  $r^2 = 0.11$  en Alvarado).

En ambas poblaciones parece mantenerse estable el peso del hígado a lo largo del estudio, sin embargo, en la población de Hidalgo es 73% más pesado con respecto a la población de Alvarado, lo que indica una mayor actividad metabólica, en la población de Hidalgo ( $t = 5.85$ ,  $df = 18$ ,  $P < 0.05$ ).

## CORRELACIÓN DEL ÍNDICE GONADOSOMÁTICO CON LOS FACTORES EXTRÍNSECOS E INTRÍNSECOS

Para establecer la relación entre la actividad gonádica y los factores extrínsecos e intrínsecos se analizó el período de transición entre el mínimo y máximo desarrollo testicular (reactivación en el caso de la población de Hidalgo). Las siguientes correlaciones que se presentan a continuación se realizaron con un 95% de confianza.

## POBLACIÓN HIDALGO

	TEMP.	P. P.	ISCG	PCE	ISH	ICF
IGS-V	$r^2 = 0.48$	$r^2 = 0.25$	$r^2 = -0.89$	$r^2 = -0.71$	$r^2 = -0.13$	$r^2 = -0.50$

En la población de Hidalgo, la marcada relación inversa entre el desarrollo testicular y las reservas grasas, peso del contenido estomacal e índice de condición física, muestra que durante el máximo desarrollo testicular se están utilizando las reservas energéticas.

## POBLACIÓN ALVARADO

	TEMP.	P. P.	ISCG	PCE	ISH	ICF
IGS-V	$r^2 = 0.96$	$r^2 = -0.17$	$r^2 = -0.19$	$r^2 = 0.65$	$r^2 = 0.11$	$r^2 = -0.12$

(TEMP. = Temperatura; P.P. = Precipitación Pluvial; ISCG = Índice Somático de Cuerpos Grasos; PCE = Peso del Contenido Estomacal; ISH = Índice Somático del Hígado; ICF = Índice de Condición Física).

En la población de Alvarado, es importante el papel de la temperatura en la variación entre el mínimo y máximo desarrollo testicular así como el peso del contenido estomacal, pero con menor significancia este último. Aquí es notorio que no es significativa la relación del IGS-V con los valores de las reservas grasas y con el índice de condición física lo que marca que las reservas energéticas no están jugando un papel preponderante en el período de máxima actividad reproductiva, a diferencia de la población de Hidalgo.

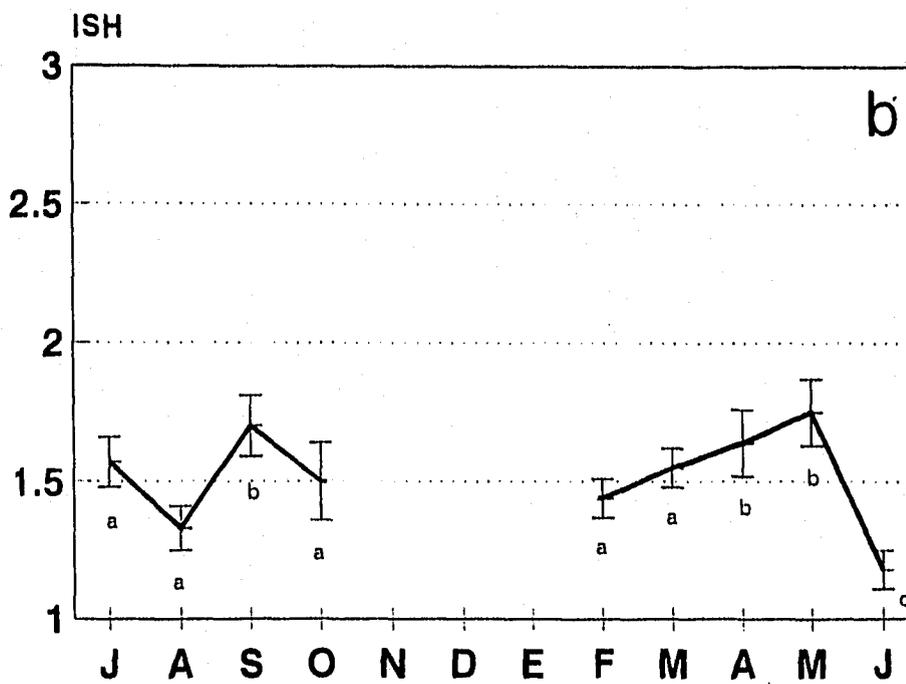
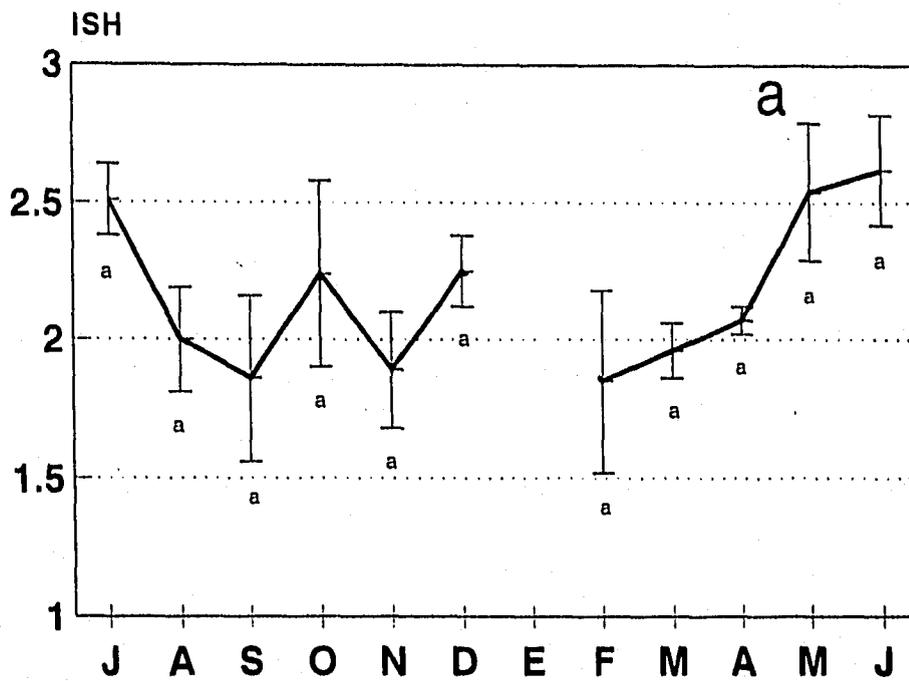


Figura 15. Variaciones en el valor medio por mes del Índice Somático Hígado. (a) Población Hidalgo, (b) Población Alvarado.

## DISCUSIÓN

### POBLACIÓN DE HIDALGO

El examen histológico confirmó la correspondencia en los cambios macroscópicos del testículo y su histología que es indicativa de la actividad gametogénica de los organismos de la población de Hidalgo. Se encontró un cambio paralelo entre el volumen testicular, el diámetro de los túbulos seminíferos y la proliferación de los componentes de la línea germinal.

Con base en los resultados anatómicos e histológicos del testículo fue evidente que la población de Hidalgo presenta una espermatogénesis estacional, donde la actividad espermatogénica se presentó en los dos primeros meses del muestreo, julio y agosto (Actividad Reproductiva) (ver micrografías 1 y 2); con una suspensión de la actividad en septiembre (Reposo Gonádico) cuando solo se observaron espermatogonias y algunos espermatoцитos primarios (ver figura 4a y micrografías 5 y 6), el lumen de los túbulos está obliterado y se presenta el mínimo valor en el Índice Gonadosomático. En octubre es incipiente la actividad espermatogénica ya que se inicia la producción de espermatoцитos primarios. En noviembre hay proliferación de espermatoцитos primarios y secundarios, la aparición de algunas capas de espermátides y la presencia de espermatozoides en túbulos seminíferos y en el epidídimo, (Reactivación) (ver micrografías 8 y 9). Una espermiogénesis más activa se apreció a partir de diciembre y se continuó hasta mayo (Máxima Actividad Reproductiva) (ver micrografías 11 y 13), en junio se observó un descenso en la actividad espermiogénica y apreciable descenso en el valor del índice gonadosomático alcanzando el nivel de los primeros meses del estudio (Actividad Reproductiva). El período con actividad espermatogénica fue de 11 meses de los cuales 9 presentaron espermiogénesis (julio, agosto, noviembre, diciembre y de febrero a junio). Durante esos 9 meses fue posible observar el estadio 6 de actividad reproductiva, y de estos 5 meses fueron los que presentaron la máxima actividad, marcado por el máximo número de capas celulares y tamaño testicular, (diciembre, febrero, marzo, abril y mayo) período que comprende invierno-primavera.

La población de Hidalgo presentó actividad reproductiva en parte del verano, invierno y primavera lo cual representa un período muy largo. Esto no se ajusta a lo expuesto por Saint Girons (1984) que establece que en poblaciones poliestrales de zonas desérticas el período de actividad se desarrolla en 6 meses que puede ir de febrero a julio o de marzo a agosto (Primavera-Verano). Aunque en este estudio no se comprende el estudio de las hembras, Jiménez-Yarce (no publ.) determinó, en la misma temporada y en la misma población de Metztlán Hidalgo, la producción de por lo menos dos puestas en algunas hembras, durante el período Primavera-Verano, por lo que se puede decir que la población es poliestral.

*S. variabilis* que habita una zona semiárida en Hidalgo, presentó actividad reproductiva prolongada que comprendió la estación invernal. Este comportamiento ha sido observado en especies como *Uta stansburiana* en Texas, EUA (Hahn, 1964), esta población presenta 10.5 meses de actividad espermatogénica, de los cuales 4 meses tienen una elevada espermiogénesis en Invierno (diciembre a marzo); 3.5 meses de espermiogénesis menos intensa en la temporada Primavera-Verano y la inactividad reproductiva comprende de 30 a 40 días entre agosto y septiembre, no hay hibernación en esta población. Por otra parte la población de *Urosaurus ornatus* de la misma localidad solo presenta 7 meses de actividad de los cuales 3.5 son de espermiogénesis, no obstante, esta especie sí hiberna por aproximadamente dos meses. Otra población estudiada es la de *Anolis carolinensis* en Luisiana EUA (Fox, 1958), en la cual la extensión de la espermatogénesis es de 11 meses con actividad invernal. Presenta una espermiogénesis no muy activa de diciembre a marzo (4 meses) y una espermiogénesis más activa durante 3 meses (abril a junio) que corresponde a Primavera y tampoco realiza hibernación.

Otras poblaciones que habitan en regiones más áridas que *S. variabilis* también han mostrado actividad espermatogénica invernal como es el caso de *S. occidentalis* (Goldberg, 1974) con un período espermatogénico de 9 meses pero únicamente 4 meses son los de producción de esperma maduro, el tiempo de reposo gonádico dura un mes.

*Uta stansburiana* de Tucson en el Desierto de Sonora, es otra especie que presenta 9 meses de actividad espermatogénica, de los cuales 5 son de espermiogénesis activa, de Invierno-Primavera, sin hibernación (Asplund y Lowe, 1964).

La especie *Uma parapygas* del desierto de Chihuahua presenta máximo desarrollo testicular en Invierno-Primavera (febrero, abril) y regresión entre mayo y julio. Su etapa de inactividad es en Verano (agosto-septiembre), cuando se presenta el máximo de precipitación pluvial y alta temperatura ambiental. La reactivación es de octubre a febrero, con un lapso de hibernación de diciembre a enero (Gadsden-Esparza et al., 1993).

Al igual que las poblaciones anteriores, la población de *S. v. variabilis* de Hidalgo mostró un largo periodo con actividad espermiogénica pues tuvo una duración de 9 meses, y de estos nueve meses fue notorio que 5 meses presentaron mayor índice de actividad espermatogénica, además esta población no hibernó. Hasta el momento la población de Hidalgo se presenta como la especie de lacertilio reportado con más tiempo de espermiogénesis, dentro de las especies de zonas áridas y semiáridas.

Hay que remarcar que en las poblaciones anteriores, la actividad testicular es larga y comprende la estación invernal, tienen un corto periodo de inactividad gonádica que suele presentarse en Otoño, a excepción de *U. parapygas* que es en Verano.

Los anteriores patrones de espermatogénesis los considera Saint-Girons (1984) como de largo periodo reproductivo, pueden presentarse en zonas subtropicales y zonas áridas, particularmente en lacertilios pequeños y ovíparos.

También se han observado periodos extensos de actividad reproductiva en otras especies del altiplano mexicano como *S. mucronatus* donde el periodo de actividad es de seis y medio meses (Verano-Otoño), a diferencia de otras especies monoestrícas en las que suele ser de 3 a 4 meses (Villagrán-Santa Cruz et al. 1994).

Saint Girons (1984) considera que la espermatogénesis primaveral es representativa de las zonas áridas, sin embargo esta generalización se ha basado en poblaciones de latitudes boreales, donde las condiciones ambientales son más drásticas, lo cual propicia la hibernación de los organismos, ejemplo de esto son las especies: de Arizona *Urosaurus graciosus* (Vitt y Ohmart, 1975); *U. graciosus* y *U. ornatus*; *Sceloporus scalaris*, (Newlin, 1976); de Texas *U. ornatus* (Parker, 1973); del sureste de California *U. ornata*, *U. inornata* y *U. scoparia*, (Mayhew y Wright, 1970). En *Uta stansburiana* (Tinkle, 1961) y en *Sceloporus occidentalis* (Goldberg, 1974).

Con base en los resultados de la población de *S. variabilis* de Hidalgo y los datos de las otras poblaciones de zonas áridas, antes mencionadas, es apreciable que puede haber actividad espermatogénica invernal en las poblaciones de hábitats áridos y semiáridos.

Otra variedad en el tiempo de actividad reproductiva es el registrado por Villagrán-Santa Cruz *et al.* (1994) quienes sostienen que en lacertilios del altiplano mexicano o de desierto, cuya distribución llega hasta regiones neárticas, la máxima actividad testicular ocurre en Verano-Otoño. Este patrón sólo ha sido encontrado en especies del altiplano que presentan una reproducción de tipo vivíparo, como es el caso de *S. m. megalepidurus* de Tlaxcala (Godínez-Cano, 1985) *S. mucronatus* de Hidalgo (Méndez de la Cruz *et al.*, 1994). Sin embargo la población de *Sceloporus v. variabilis* de Metztitlán Hidalgo no se ajusta a este patrón dado que la actividad reproductiva comprende las cuatro estaciones del año.

Saint Girons (1984) atribuye las diferencias en el patrón reproductivo a la distribución altitudinal y latitudinal de las especies. Bien es cierto que estos elementos determinan las condiciones climáticas del lugar, que a su vez determinan los tiempos de disponibilidad de recursos (temperatura, agua, alimento, calidad de los lugares de anidación y sitios de resguardo, por mencionar los más importantes), así como su calidad. Estos recursos favorecen que los organismos alcancen una condición física favorable que en binomio con la capacidad endocrina, determinarán el período espermatogénico.

En zonas templadas y áridas, el otoño es el período en el que se refleja la productividad vegetal e insectos, consecuencia de las lluvias de verano, además en el otoño la temperatura ambiental no es extrema, como suele ser el calor de verano y el frío de invierno. La conjunción entre temperatura adecuada y alimento abundante propicia la espermiogénesis en el invierno, como ha sido comprobado en la población de Hidalgo, sin embargo, esa actividad gonádica puede progresar o detenerse si las condiciones ambientales se vuelven drásticas ya que se ha visto que el frío provoca que las especies hibernen y no es hasta que emergen, cuando finalizan la espermatogénesis (Goldberg, 1974).

Es evidente que la espermatogénesis invernal se presenta en aquellas especies que al igual que *S. v. variabilis*, habitan lugares donde el invierno no es tan drástico, donde hay suficiente alimento en este período y/o las reservas energéticas son las suficientes; también la espermatogénesis invernal se puede favorecer por las características de comportamiento de la especie y su capacidad de termorregulación.

En cuanto a la influencia ambiental en la espermatogénesis de la población de Hidalgo, la correlación de la precipitación pluvial y el índice gonadosomático evidencia no ser significativa cuando se considera todo el estudio, no así, cuando se analiza en el período de activación ( $r^2 = -0.78$ ;  $P = 0.05$ ). Indicando que el período en la reducción de la actividad reproductiva se está dando en la época de precipitación esto se interpreta, como que la precipitación es un factor negativo en la actividad testicular, ya que las temperaturas ambientales siguen siendo favorables para que se desarrolle la gónada (ver fig.2a). Pero en realidad, lo que está sucediendo es que durante este período de reposo (septiembre), se está dando un proceso fundamental que es el de recuperación de la condición física; durante este tiempo, el peso del contenido estomacal se ve ligeramente aumentado, producto seguramente de una mayor disponibilidad del recurso alimentario (artrópodos), por la influencia de las lluvias. Ello también redundaría en los altos valores de reservas grasas (julio-noviembre) y en consecuencia en un elevado índice de condición física antes de la época de máxima actividad espermatogénica.

El alimento, es un elemento que se suma a los factores ambientales, este proporciona cierta condición de robustez para que se dispare y pueda llevarse a cabo el período de actividad espermatogénica, incluso en la época invernal, la condición más robusta (alto contenido de reservas energéticas), va a permitir a los machos alcanzar el éxito reproductor, cuando sea necesario establecer un territorio, defenderlo de intrusos, cortejar a la hembra y aparearse con ella; durante este período sufre un desgaste físico, no porque se reduzca su tiempo para alimentarse, pues la cantidad de alimento en el estómago no varía mucho en la época seca y de lluvias, como se ve en la Fig., 14a, sin embargo, ese alimento pudiera no tener una buena calidad (febrero a junio), lo cual se confirma por el marcado descenso de las reservas grasas (Fig., 12a).

Se ha comprobado que la variación, distribución y abundancia de la precipitación en zonas áridas resulta en variaciones predecibles en la disponibilidad y calidad del alimento y por lo tanto en la variación de los niveles de desarrollo en lacertilios insectívoros (Dunham, 1978; Ortega y Hernández, 1983).

El grado de condición física como determinante para la reactivación testicular se ha descrito para *Sceloporus torquatus* de un hábitat xérico en Teotihuacán, Edo. de México (Méndez-de la Cruz y Gutiérrez-Mayén, 1991); este patrón se observa también en una población de *Sceloporus mucronatus*, también de un lugar semiárido de Hidalgo, en el que se da un retraso de la espermatogénesis, hasta que se alcanza una robustez física adecuada (Méndez-de la Cruz et al., 1994); por otro lado en *Agama agama* la reproducción coincide con la mayor abundancia de alimento sin que se presente variación en el fotoperíodo o en la temperatura (Bellairs, 1975), aunque en *Anolis acutus* la alimentación complementaria incrementa el almacenamiento de grasa, pero no la reproducción (Rose, 1982).

Aunque el descenso de las reservas grasas durante la época reproductiva es marcado, no se puede decir que se están invirtiendo en la espermatogénesis, ya que se ha comprobado que, para la actividad espermatogénica, el requerimiento energético es poco (Saint Girons, 1985) y los recursos utilizados son los invertidos por las células intersti-

ciales para estimular la división mitótica de las espermatogonias, la actividad de las células de Sertoli (Jameson, 1974; Lofts, 1987) y el desarrollo del epidídimo (Fox, 1977). El marcado descenso en las reservas grasas se presenta cuando las actividades sociosexuales son muy marcadas (cortejo, defensa del territorio y el propio apareo), este tipo de interacción ha sido descrito con anterioridad (Licht y Gorman, 1970; Guillette y Casas, 1981).

### **POBLACIÓN DE ALVARADO**

Los muestreos de campo se realizaron durante 12 meses, sin embargo se cuenta con datos de nueve meses, por causas ambientales es que no se tiene la información del resto de los meses (ver Fig., 4b). Esto dificulta un poco el análisis de la población. Sin embargo los datos con los que se cuenta, son representativos de la época de lluvias y de sequía, que son las épocas del año bien marcadas para la zona de estudio.

Debido a la presencia de todos los componentes del linaje espermatogénico, es evidente que la población de Alvarado mostró Actividad Reproductiva en los nueve meses de los que se tiene datos (ver micrográficas 15,16,17 y 19). Esto es también confirmado por las escasas diferencias en el índice Gonadosomático-Volumen.

Al analizar el comportamiento del índice gonadosomático de la población es notable que las muestras de octubre y marzo fueron las que presentaron menor valor (Fig. 11b), lo cual refleja lo esperado en cuanto a la actividad reproductiva (bajo desarrollo gonádico) ya que en esos meses, el muestreo se realizó un poco después de un período desfavorable para la actividad de los organismos. Sin embargo el examen histológico confirma que en octubre hay un ligero descenso en la actividad espermatogénica (estadio 5) (ver micrográficas 17 y 18), mientras que para marzo se mantiene la espermiogénesis (estadio 6). En este caso utilizar únicamente los valores de tamaño gonádico, podría habernos llevado a un error de interpretación de la actividad e inactividad reproductiva. Pero con la ayuda del análisis histológico se pudo corroborar la situación real de una actividad espermatogénica e incluso variantes en el nivel de esa actividad gonádica.

Una ventaja del uso de los valores de peso y tamaño gonádico en estudios reproductivos es que indirectamente reflejan otros factores como lo son el acúmulo de lípidos en las células de Leydig, la proliferación de tejido conjuntivo que une a los túbulos y la vascularización que aporta hormonas y nutrimentos. Pero si nos apoyamos de un análisis microscópico podemos saber exactamente cuando se inicia o detiene la espermiación, y así se podrá ubicar exactamente la extensión de la actividad reproductiva. Por lo que es recomendable el hacer una corroboración de ambas evaluaciones (macroscópicas y microscópicas).

Aún cuando se carece de datos para analizar la situación reproductiva de los meses de noviembre, diciembre y enero de la población de Alvarado, se podría suponer que se mantiene la actividad reproductiva durante estos meses, ya que la influencia de los "nortes" que causan nublados y descenso de temperatura no rebasan los 6 días de duración cada uno, lo que no podría influir en una regresión total de la gónada lo cual se ve apoyado por la muestra de octubre, que presentó el estadio (5), los organismos de este mes se colectaron después de cinco días de cielo nublado y su colecta fue posible cuando el cielo se despejó durante una hora y media. Otro apoyo es que en el mes de febrero se presentó el estadio (6). Y se ha visto que la misma población ha presentado actividad reproductiva (García-Collazo *et al.*, 1993) en los meses en que se carecen datos para el presente estudio.

La actividad reproductiva en la población de Alvarado se ve altamente influenciada por el factor temperatura ambiental como ya había sido marcado para la población (García-Collazo *et al.*, 1993) sólo que en el presente estudio, se ve más marcada esa relación, al observar un mayor coeficiente de correlación ( $r^2 = 0.96$ ). Lo anterior sugiere fuertemente, que la temperatura ambiental es el factor climático que controla la actividad reproductiva en esta población, situación muy documentada para otras especies (Sexton *et al.*, 1963; Sexton y Turner 1971; Licht 1971; Aldridge 1975; Marion, 1982; etc.)

El segundo factor con más correlación es el peso del contenido estomacal ( $r^2 = 0.65$ ), esto señala que el suministro de energía es necesario para la

actividad gonádica. Si se observa las reservas grasas e índice de condición física, estos presentan valores bajos y constantes en todos los meses muestreados, esto se debe seguramente a que el hábitat es ambientalmente estable, caracterizado por una buena insolación, humedad alta, propiciada por lluvias y por la influencia marina, que permite una buena productividad primaria lo que favorece la disponibilidad constante de los artrópodos, que son la base de la alimentación de los lacertilios, además de una amplia diversidad de insectos en el lugar (García, 1989), ya que la vegetación de duna costera, aunque no es muy exuberante presenta una amplia variedad de especies herbáceas y arbustivas que sustentan una amplia gama de insectos, que están sustentando los requerimientos energéticos, por lo que los lacertilios no tienen que almacenar grandes cantidades de grasa (ver Fig. 12b) y por lo tanto la robustez es estable. Ello permite que se presente una reproducción por un período largo, con niveles altos y bajos de actividad gonádica, niveles regulados principalmente por la temperatura ambiental, y las lluvias en el período de "nortes" (Benabib, 1994).

Los resultados de este trabajo refuerzan lo encontrado por García-Collazo *et al.* (1993) y Benabib (1994) con respecto a que las poblaciones de *S. v. variabilis* de la zona subtropical presentan largos períodos de actividad reproductiva. García-Collazo *et al.* (1993) reportan para *S. v. variabilis* un período de 11 meses de actividad espermatogénica, en el año, en el presente estudio se registra 9 meses de espermiogénesis, para la misma población, y Benabib (1994) reporta 8 y 9.5 meses en el desarrollo gonádico para dos poblaciones más al norte y a mayor altitud (1000 y 45 msnm respectivamente).

Para la población de Alvarado, García-Collazo *et al.* (1993) ya habían marcado la influencia de un ambiente benigno para que se desarrolle una larga actividad reproductiva. Benabib (1994) remarca la influencia de las lluvias y su efecto en el suministro de alimento que mantiene la actividad reproductiva larga, incluso en la época de "nortes".

El presente estudio, también remarca el papel del suministro favorable de alimento, propiciado por un clima benigno para mantener el largo período reproductivo.

Para la población de Alvarado ya se había expuesto la presencia de índices de mayor y menor actividad reproductiva (García-Collazo *et al.*, 1993), que en realidad reflejan niveles de producción de espermatozoides como se desprende del presente trabajo. Para analizar esta situación se observó que en efecto en la población de Alvarado se presentó principalmente el estadio reproductivo (6) pero al observar el diámetro de túbulos seminíferos se presentan 4 niveles en el diámetro, de acuerdo a la prueba estadística de Duncan (ver figura 3b). El incremento entre el menor diámetro con espermiogénesis y el máximo diámetro es del orden de un 68.05%. Y en la población de Hidalgo donde se presentaron 2 niveles bien marcados (actividad reproductiva y máxima actividad reproductiva), el incremento entre el mínimo diámetro tubular y el máximo con espermiogénesis es de un 57.7%.

Considerando que el diámetro de los túbulos representan la actividad espermatogénica, es evidente que se dan niveles en la actividad espermatogénica y esto podría determinar un éxito reproductivo. Los niveles de actividad espermatogénica deben estar regulados por las condiciones climáticas y por el suministro alimenticio en conjunto, añadidas a las condiciones endógenas de los organismos.

Haciendo más comparaciones para visualizar los niveles en la actividad reproductiva y contemplando que la actividad microscópica se refleja macroscópicamente; se usó también el índice gonadosomático (IGS-V). La población de Alvarado con estadio reproductivo (6), presentó de acuerdo a la prueba de Duncan 3 niveles y el incremento entre el mínimo IGS-V con actividad espermatogénica y el máximo fue del orden de 108.75%, mientras que en la población de Hidalgo, con 3 niveles, incrementó un 205.75%. Ahora introduciendo los datos de García-Collazo *et al.* (1993) que presentó 2 niveles, el incremento fue de 150%. Y para las dos poblaciones de los Tuxtlas (Benabib, 1994), a reserva de que no se tiene la referencia histológica, para inicio y fin de la espermiogénesis, ni datos de la existencia de niveles durante el periodo reproductivo, y considerando que no utilizó el mismo método para el índice gonadosomático, se calcula que el incremento entre el mínimo y máximo

Índice gonadosomático con actividad reproductiva es de aproximadamente un 100%.

Es evidente que en el período de producción de esperma maduro, el tamaño testicular se puede duplicar y triplicar lo cual muestra índices de actividad, entre épocas del año y de año con año, los cuales pueden darse por un incremento en el número de capas de linaje espermatogénico (se aprecia en la variación del diámetro tubular) y por el incremento en la longitud de los túbulos seminíferos, lo cual se corrobora indirectamente con el incremento en el tamaño testicular, representado por el IGS-V.

Cual será el papel ecológico, de que se presenten índices de mayor actividad espermatogénica?. La explicación podría ser: primero, que los machos pueden aparearse con mayor número de hembras en la estación más favorable, segundo, se ha visto que las hembras de la población de Alvarado pueden incrementar el número de huevos de la camada en la época favorable. Una mayor actividad espermatogénica redundaría por lo tanto en un mayor éxito reproductivo.

Con respecto a la pigmentación del testículo, ésta es casi exclusiva del izquierdo y se relaciona con los períodos de máxima actividad gonádica, siendo evidente, que en la población de Alvarado mostró mayor incidencia de ejemplares con testículo pigmentado, lo que confirma que es mayor la incidencia en poblaciones de menor altitud (Guillette *et al.*, 1983). Se ha dicho que la pigmentación ayuda a incrementar la temperatura y por lo tanto la actividad espermatogénica (Guillette *op cit.*), esto es difícil de creer ya que cual sería la ventaja para las poblaciones de baja altitud, como la de Alvarado, Veracruz que está expuesta a una temperatura diurna y nocturna bastante favorable; sería más ventajosa la pigmentación en altas altitudes, por ejemplo en la población de Hidalgo, sujeta en el día a un calor favorable pero en la noche suele perder fácilmente el calor, la pigmentación testicular ayudaría a adquirir rápidamente calor una vez que el organismo se exponga al sol e incluso el almacenar más fácilmente el calor, pero ese no es el caso, ya que hay mucho menor incidencia de pigmentación en esta población. Y surge una pregunta con respecto a cuan ventajoso es que solo un testículo este pigmentado, si sabemos que cada uno se comunica independientemente a un hemipene y sabemos que

el individuo puede copular con cualquiera de ellos, quizás la pigmentación solo sea un carácter secundario consecuencia de una intensa producción de testosterona, ello puede ser apoyado por la población de Alvarado, en la cual se presentó un mayor volumen nuclear de las células de Leydig, con respecto a las de la población de Hidalgo ( $t = 3.3$ ,  $df = 16$   $P < 0.05$ ), lo cual indicaría superior actividad endocrina por parte de las células intersticiales (Alfert., 1955), la pigmentación como carácter secundario estaría a la par con la mayor actividad espermatogénica y sería un buen indicador de actividad espermatogénica, pero no del mayor volumen testicular como lo marca Guillette *et al.* (1983). Pero aún existen muchas dudas al respecto por lo que se requieren de estudios más específicos para dilucidar la relación entre pigmentación y actividad espermatogénica.

Comparando ambas poblaciones se aprecia que la espermatogénesis y sus índices de mayor y menor actividad son muy diferentes entre la población de Hidalgo y Alvarado. En Hidalgo se tiene espermatogénesis estacional extensa (11 meses), y la población de Alvarado con espermatogénesis también extensa (9 meses) o más. Cada patrón reproductivo es influido por las condiciones ambientales prevalecientes en su hábitat y por el suministro de alimento. La estacionalidad en la población de Hidalgo se rige por la época de lluvias que propicia el incremento en alimento de buena calidad, esto permite almacenar grasas en Otoño, lo que a su vez le confiere una robustez física, que sustentará el período reproductivo de los machos en Invierno-Primavera-Verano cuando la temperatura ambiental es adecuada.

Por otro lado la población de Alvarado habita un lugar con temperatura favorable y altos valores de precipitación pluvial a lo largo del año, lo que mantiene una producción constante de alimento, que permite la reproducción extensa con similar nivel espermatogénico, salvo en el período de nortes, las variaciones en los niveles de actividad reproductiva son regulados por la temperatura ambiental.

Se ha dicho que la actividad espermatogénica y la morfología de las células intersticiales exhibe una dualidad que muestra una actividad androgénica de las células intersticiales (Elliot, 1985). En cuanto al volumen nuclear de las células intersticiales se pudo observar que existen

marcadas variaciones en el volumen nuclear de las células intersticiales de ambas poblaciones, sin embargo solo se pudo observar una relación significativa ( $r^2 = 0.81$ ) entre el volumen nuclear y la altura del epitelio epididimal, en la población de Alvarado, lo cual se ajusta a lo registrado por Fox (1977). Es más marcada la actividad de las células intersticiales en la población de Alvarado, por que presenta mayores dimensiones que las observadas en la población de Hidalgo. El que no se encontrará una relación entre el diámetro nuclear de las células intersticiales con el diámetro tubular y el epididimo en la población de Hidalgo, no marca la inexistencia de relación, ya que la función endocrina de estas células la ejerce principalmente los contenidos lipídicos en el citoplasma de las células, una mejor manera de cuantificar está relación hubiera sido con un conteo de las células intersticiales existentes en un área, y aunque se intento existieron dificultades para llevarlo a cabo. Para dilucidar mejor la relación y papel hormonal de las células dentro de estas poblaciones se requiere aplicar otras técnicas más especializados, como lo es la histoquímica.

### RELACIÓN BIOGEOGRÁFICA

Sites y Dixon (1982) consideran que el ancestro de *S. v. variabilis*, debió haber tenido su origen en las partes altas de la Sierra Madre Oriental, durante el Oligoceno temprano. La vegetación se componía de bosque de pino-encino y matorral. Este lugar debió servir como refugio en el Pleistoceno, cuando se suscitaron cambios en el nivel del mar; este hábitat pudo haber sido bastante estable (Sites y Dixon, 1982). Con el incremento de la aridez y el descenso del nivel del mar, el ancestro de *S. variabilis* debió ocupar el mezquite y otros arbustos de zonas semidesérticas, como es el caso del Estado de Hidalgo y Querétaro. Su ingreso también se dió a las costas del Golfo de México y más al Sureste a hábitats de arbusto de duna costera y selva alta perennifolia (Sites y Dixon, 1982).

El ingreso de la especie al SE del país ha propiciado un amplio grado de divergencia fenotípica entre poblaciones de la especie (Sites y Dixon, 1982), por efectos ambientales, ya que como sostienen Johnston y

Selander (1964, 1971), los cambios fenotípicos se pueden dar, en relativamente corto tiempo.

El proceso de ocupación de nuevos hábitats que implica diferencias en: clima, alimento, microhábitats y presiones competitivas ha influido en los caracteres fenotípicos y además ha influido en el patrón reproductivo como ha sido expuesto en el presente estudio de dos poblaciones separadas geográficamente.

Es de suponerse que los ancestros de *S. v. variabilis*, debieron presentar un comportamiento reproductivo primaveral durante el Oligoceno, ya que prevalecía un clima frío sin llegar a ser drástico (Méndez-de la Cruz *et al.*, 1994); con el incremento de la aridez y la invasión de áreas más bajas y dotados con una plasticidad reproductiva, los machos han podido adaptarse a los nuevos hábitats permitiendo que los ciclos reproductivos puedan ser más extensos en tiempo y donde la limitante sería el suministro de alimento, como es el caso de la población de Hidalgo y en aquellos lugares donde las condiciones son más estables, como en el caso de Alvarado y las poblaciones de los Tuxtlas (Benabib, 1994), así han podido aprovechar la mayor parte del año, sin embargo, este período se puede ver reducido, lo que corrobora que en machos se está presentando una plasticidad reproductiva dada por sus características genéticas y que incluso puede haber diferente respuesta entre sexos de la misma especie, prueba de ello es el desfazamiento en el período de la actividad reproductiva (Guillette y Casas, 1980; Guillette y Sullivan, 1985 y Méndez-de la Cruz *et al.*, 1988).

Los estudios de García-Collazo *et al.*, (1993), Benabib (1994) y el presente trabajo confirman que la actividad reproductiva en *S. v. variabilis* concuerda con las condiciones ambientales prevaescientes y que limitan la reproducción.

Aún se requieren más investigaciones sobre la reproducción de otras poblaciones de la misma subespecie para dilucidar los patrones evolutivos en la historia de vida de la especie bajo otras condiciones ambientales.

Es de esperarse que aquellas poblaciones de *S. v. variabilis* que se encuentran en hábitats más estables del SE mexicano puedan presentar reproducción larga incluso continua y aquellas de las zonas más estacionales se verán más restringidos sus períodos de acuerdo a la severidad de las condiciones ambientales y suministro de alimento.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## CONCLUSIONES

- La población de Metztlán, Hidalgo que habita en una zona semiárida presentó espermatogénesis estacional, marcada por la sucesión en la proliferación de los componentes del linaje germinal.
  
- La espermatogénesis tuvo una duración de 11 meses con 9 meses de espermiogénesis que comprendió verano, otoño, invierno y primavera. Se considera la espermiogénesis más larga de las observadas en zonas semiáridas.
  
- Una larga actividad espermatogénica con índices de mayor actividad invernal, en la población de Hidalgo, es favorecida por que las condiciones climáticas que no son desfavorables en esta época del año y por la buena condición de robustez alcanzada en otoño, misma que sustenta la actividad reproductiva invernal y primaveral.
  
- La población de Alvarado, Veracruz presentó actividad espermatogénica durante los 9 meses analizados, sustentada por las condiciones climáticas favorables y por un constante suministro de alimento.
  
- Los índices de mayor actividad espermatogénica en la población de Alvarado están regulados por la temperatura ambiental.
  
- Una actividad espermatogénica diferencial se presentó entre ambas poblaciones, alcanzando valores mayores en el número de capas de linaje gamético y tamaño gonadal la población de Metztlán Hidalgo.
  
- Fue evidente una mayor condición de robustez en la población de Hidalgo, ello influenciado por las reservas grasas, peso del contenido estomacal y el mayor crecimiento del hígado.

- El volumen nuclear de las células de Leydig fue marcadamente superior en la población de Alvarado, lo que muestra una mayor actividad endocrina por parte de estas células, aunque se requieren mayores estudios.
  
- La pigmentación testicular en ambas poblaciones se relaciona con la mayor actividad espermatogénica y fue mucho mayor la proporción de testículos pigmentados en la población de baja altitud, que correspondió a Alvarado.
  
- Se requieren mayores estudios para esclarecer la relación entre pigmentación y actividad espermatogénica.
  
- La espermatogénesis en ambas poblaciones se adapta a las condiciones climáticas y de suministro de alimento a las que se sujeta cada población.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfert, M., H. A. Bern & R. H. Kahn. 1955. Hormonal influence on nuclear synthesis, 4. Karyometric and microspectrophotometric studies of rat thyroid nuclei in different functional states. *Acta Anat.* 22:185-205.
- Altamirano, A. T. y A. de Sucre M. 1985. Vertebrados terrestres de Alvarado, Veracruz. *Biología de Campo.* ENEP Iztacala, UNAM.
- Aldrige, R. D. 1975. Environmental control of spermatogenesis in the rattlesnake *Crotalus viridis*. *Copeia*. No. 3 493-496.
- Asplund, K. K. & Ch. H. Lowe. 1964. Reproductive cycles of the Iguanid lizards *Urosaurus ornatus* and *Uta stansburiana* in Souyeastern Arizona. *J. Morph.*, 115:27-34
- Banks, William J. 1986. *Histología Veterinaria Aplicada.* Edit. Manual Moderno. México, D.F. 606-628 pp.
- Bellairs, S.S. 1975. Los Reptiles. *Historia Natural, Destino Tomo II.* Eds. Destino Barcelona España.
- Benabib, M. 1994. Reproduction and lipid utilization of tropical populations of *Sceloporus variabilis*. *Herpetological Monographs* 8, 1994, 160-180.
- Bona-Gallo, a., Licht, P., Mckenzie, D.S. and Lofts, B. 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. Bourne, A.R.,
- Bronson, F.H. 1989. *Mammalian Reproductive Biology.* The University of Chicago Press. pp 325.
- Brunning, J.L. and Kintz B. 1977. *Computational handbook statistics* 2nd. ed. Scott Foresman and Co., Glensview Illinois. 308 pp.
- Craig, J. and R. Shine. 1985. The seasonal timing of reproduction A tropical temperate comparasion in australian lizards. *Oecologia* 67: 464-474.
- Derickson, W.K. 1974. Lipid deposition and utilization in the sagebrush lizard, *Sceloporus graciosus* its significance for reproduction and maintenance. *Comp. Biochem. Physiol.* 49A: 267-272.
- Dufaure, J.P. 1969. Ultraestructural features of steroid secreting cells in reptiles. *Gen. Comp. Endocrinol.* 13, 502.
- Dunham, A.E. 1978. Food availability as a aproximate factor influencing individual growth rate in the iguanid lizard *Sceloporus merriami*. *ecology*, 59:770-778.
- Dunham V.D., B. Miles & D.N. Reznick. 1988. Life history patterns in squamata reptiles. In C. Gans and R. B. Huey (eds.) *Biology of the Reptilia*, Vol. 16. 441-522. alan R. Liss, N.Y.
- Duvall, D.L., L.J. Guillette Jr., & R.E. Jones. 1982. Environmental control of reptilian reproductive cycles. I. C. Gans (ed) *Biology of the reptilia* Vol 13. London: Academic Press.

- Elliot, S. A. 1985. 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-Flores, E., M. Villagran-Santa Cruz, F. Méndez de la Cruz and G. Casas-Andreu. 1990. Gonadal changes throughout the Reproductive Cycle of the Viviparous lizard *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). *Herpetologica* 46(1), 43-50.
- Feria, O. M. 1989. Contribución al conocimiento del ciclo de vida de *Sceloporus torquatus torquatus* (Lacertilia: Iguanidae), al sur del Valle de México. *Bol. soc. Herpetol. Mex.* vol 1 No. 2: 31-34.
- Fox, W. 1958. Sexual cycle of the male lizard, *Anolis carolinensis*. *Copeia*, 22-29.
- Fox, H. 1977. The urogenital system of reptiles. Pp. 1-157. In C. Gans and T. S. Parsons (Eds.) *Biology of Reptilia*. Vol. 6. Academic Press, New York.
- Gadsden-Esparaza, H; F. R. Méndez-De la Cruz; R. Gil-Martínez y G. Casas-Andreu, 1993. Patrón reproductivo de una lagartija (*Uma paraphygas*) en peligro de extinción. *Bol Soc. Herpetol. Mex.* Vol. 5(2): 42-45.
- García, E. 1971. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Rep. Mexicana). *Inst. de Geografía, UNAM. México*, 246 pp.
- García C.R. 1989. Ciclo reproductivo y hábitos alimenticios de *Sceloporus variabilis variabilis* (Reptilia Sauria:Iguanidae) en Alvarado, Veracruz. Tesis Biol. ENEP. Iztacala, UNAM. 95 pp.
- García-Collazo, R; T. Altamirano A. y M. Gómez Soto. 1993. Reproducción continua en *Sceloporus variabilis variabilis* (Sauria: Phrynosomatidae) en Alvarado, Veracruz, México. *Bol. Soc. Herpetol. Mex.* Vol. 5 (2):51-59.
- Godínez, C.E. 1985. Ciclo reproductivo de *Sceloporus megalapidurus megalapidurus* (Reptilia:Sauria:Iguanidae); en la parte Oriental de Tlaxcala, México. Tesis Biól. E.N.E.P.I. UNAM. Mex. 73 pags.
- Goin, C.J., Goin,O.B., and Zug,G.R. 1978. *Introduction to Herpetology* 3a. ed. W.H. Freeman and Company S.Francisco. 378 pp.
- Goldberg, S.R. 1971. Reproductive cycle of the ovoviviparous iguanid *Sceloporus jarrovi* Cope. *Herpetologica* 27(2): 123- 131.
- Goldberg, S.R. 1974. Reproduction in mountain and lowland populations of the lizard *Sceloporus occidentalis*. *Copeia*. 176-182.
- \_\_\_\_\_. 1976. Seasonal weight and cytological changes in the fat bodies and liver of the iguanid lizard *S. jarrovi*. *Copeia* 1972: 227-232.
- Greenberg, N., T. Chen, and D. Crews. 1984. Social status, gonadal state, and the adrenal stress response in the lizard, *Anolis carolinensis*. *Horm Beh.* 18: 1-11 pp.
- Guillette, L.J. Jr., and G. Casas-Andreu. 1980. Fall reproductive activity in the altitude mexican lizard *Sceloporus grammicus microlepidotus*. *J. Herpetol.*, 14(2): 143-147.
- \_\_\_\_\_, and G. Casas-Andreu. 1981. Seasonal variation in fat body weights of Mexican lizard *Sceloporus gramicus microlepidotus* *J. Herpetology* 15(3): 336-371 pp.
- \_\_\_\_\_, and G. Casas-Andreu. 1987. The reproductive biology of the high elevation Mexican lizard, *Basilis imbricata* *Herpetologica* 43: 29-39 pp.
- \_\_\_\_\_, and W.P. Sullivan. 1985. Reproductive and fat body cycles of the lizard, *Sceloporus formosus*. *J. Herpetology*. 19: 474-480 pp.

- \_\_\_\_\_, J. Weigel and G. Flater. 1983. Unilateral testicular pigmentation in the Mexican lizard *Sceloporus variabilis*. *Copeia*, 1983 (1). pp. 155-161.
- Hahn, W.E., and D.W. Tinkle. 1965. Fat body cycling and experimental evidence for its adaptive significance to ovarian follicle development in the lizard *Uta stansburiana stegneri*. *J. Exp. Zool.* 158: 79-86 pp.
- Hahn, W. E. 1964. Seasonal changes in testicular and epididymal histology and spermatogenic rate in the lizard *Uta stansburiana stegneri*. *J. Morph.*, 115:447-460.
- Hobart M. Smith, G. Pérez-Higareda y D. Chiszar. 1993. A review of the members of the *Sceloporus variabilis*. Lizard complex. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*. Vol. 29 No. 3 September, 1993.
- Humason, G.L. 1979. *Animal tissue techniques* 4th ed. San Francisco. Wolt Freeman and Company.
- Jameson, E.W., Jr. 1974. Fat and breeding cycles in a montane population of *Sceloporus graciosus*. *J. Herpetology* 8:311-322.
- Jiménez, R.A. 1979. Características hidrográficas de la vertiente del Golfo de México en el Edo. de Veracruz. *Inst. de Geografía. UNAM. Boletín* 9: 117 - 155.
- Johnston, R. F., & R. K. Selander. 1964. House sparrow: rapid evolution of races in North America. *Science* 144:548-550.
- \_\_\_\_\_, & R. K. Selander. 1971. Evolution of the house sparrow. II. Adaptive differentiation in North American populations. *Evolution* 25:1-28.
- Lance, V. 1984. Endocrinology of reproduction in male reptiles. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 52: 357-383.
- Licht, P. 1971. Regulation of the annual testis cycle by photoperiod and temperature in the lizard *Anolis carolinensis*. *Ecology* 52:240-252.
- \_\_\_\_\_, and G.C. Gorman. 1970. Reproductive and fat cycles in caribbean *Anolis* lizards. *Univ. Calif. Publ. Zool.* 95: 1-52.
- \_\_\_\_\_, P., H.E. Hoyer, and P.G. W. J. Van Oordt. 1969. Influence of photoperiod and temperature on testicular recrudescence and body growth in the lizards, *Lacerta sicula* and *Lacerta muralis*. *J. Zool.* 157: 469-501.
- \_\_\_\_\_, 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.
- \_\_\_\_\_, P. and Tsui, H.W. 1975. Evidence for intrinsic activity of ovine FSH on spermatogenesis, ovarian growth, steroidogenesis and ovulation in lizards. *Biol. Reprod.* 12, 346-350.
- Lofts, Brian. 1987. Testicular Function. In *Hormones and reproduction in Fishes Amphibia and Reptils*. Edit by David O. Norris and Richard E. Jones (Plenum Publishing Corp. 1987). 283-325.
- \_\_\_\_\_, Phillips, J.G. and Tam, W.H. 1966. Seasonal changes in the testis of the cobra, *Naja naja* (Linn). *Gen. Comp. Endocrinol.* 6, 466-475 pp.
- Mancilla, M. M. 1988. Estudio preliminar de la avifauna en el transecto Zacualtipan-Zoquizoquiapan-San Juan Meztlán, Hidalgo. Tesis Biol. ENEP Iztacala, UNAM. 86 pp.

- Manjarrez, S.J. 1987. Ecología alimenticia de las culebras semiacuáticas *Nerodia rhombifera werleri* y *Tamnophis proximus rutiloris* en Alvarado Veracruz. Tesis Biol. E.N.E.PI., UNAM., México, 75 pp.
- Marion, K.R. 1970. The reproductive cycle of the fence lizard *Sceloporus undulatus*, in easter Missouri Ph. D. thesis Washington University, St. Louis 212 pp.
- \_\_\_\_\_. 1982. Reproductive cue for gonadal development in temperate reptiles: temperature and photoperiod effects on the testicular cycles of the lizard *Sceloporus undulatus*. *Herpetologica* 38 (1) 26 - 39.
- Mayhew, W., and Wright, S.J. 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., L.J. Guillette Jr., M. Villagran-Santa Cruz, y G. Casas-Andreu. 1988. Reproductive and fat body cycles of the viviparous lizard *Sceloporus mucronatus* (Sauria: Iguanidae). *J. Herpetology*. 22(1): 1-12.
- \_\_\_\_\_, G. Casas-Andreu, and M. Villagrán-Santa Cruz. 1992. Variación en la alimentación y condición física de *Sceloporus mucronatus* (Lacertilia: Iguanidae). *The Southwestern Naturalist*. 37(4):349-355.
- \_\_\_\_\_, y G. Gutiérrez-Mayen. 1991. Variación en la robustez física de *Sceloporus torquatus* (Sauria: Iguanidae) y sus implicaciones sobre la temporada de reproducción. *Acta Zoológica Mexicana*. 46:1-12
- \_\_\_\_\_, M. Villagran-Santa Cruz & O. Cuellar. 1994. Geographic variation of spermatogenesis in the mexican viviparous lizard *Sceloporus mucronatus*. *Biogeographica*. 70(2):59-67.
- Mendoza, Q.F. 1990. Estudio herpetológico en el transecto Zacualtipan-Zoquiyoquiapan-San Juan Mezitlan, Hidalgo. Tesis Biol. ENEP Iztacala, UNAM. 97pp.
- Miller, M. 1948. The seasonal histological changes occurring in the ovary, corpus luteum, and testis in the viviparous lizard *Xantusia vigilis*. *Univ. Calif. Publ. Zool.* 47: 197 - 224.
- Newlin, M.E. 1976. Reproduction in the brushgrass lizard *Sceloporus scalaris*. *Herpetologica*. (2): 171 - 184.
- Orr, R.T. 1978. *Biología de los Vertebrados*. 4a ed. Edit. Interamericana. México. 545 pp.
- Ortega, A; y L. Hernández. 1983. Abundancia relativa de insectos en un medio estacional; su influencia en la historia de vida de los iguanidos simpátricos. *Folia Entomológica Mexicana*. Nº 55: 129-144.
- Parker, W.S. 1973. Natural history notes on the Iguanid lizard *Urosaurus ornatus*. *J. Herpetol.* 7:21-26.
- Pianka, E.R. 1980. *Ecología Evolutiva*. Edit Omega S.A. Barcelona, España pp. 365.
- Pisani y Villa, J. 1974. *Guía de técnicas de preservación de anfibios y reptiles (USA)*: 1 - 28.
- Rose, B. 1982. Food intake and reproduction in *Anolis acutus*. *Copeia* 1982, 322-330
- Saint Girons, H. 1963. Spermatogenese et évolution cyclique des caractères sexuels secondaires chez les squamata. *Ann. Sci. Nat. Zool.* 5: 461-478.
- \_\_\_\_\_. 1982. Reproductive cycles of male snake and their relationships with climate and female reproductive cycles. *Herpetology* 38: 5-16.

- \_\_\_\_\_. 1984. Les cycles sexuels des lézards mâles et leurs rapports avec le climat et les cycles reproducteurs des femelles. *Annales des Sciences Naturelles, Zoologie, Paris 13 Série*, 1984, Vol. 6, 221-243 pp
- \_\_\_\_\_. 1985. Comparative data on lepidosaurian reproduction and some time tables. In C. Gans (ed.). *Biology of the Reptilia*. Vol. 15 Academic, Nueva York.
- Sánchez-Mejorada, H. 1977. Cactáceas y suculentas de la Barranca de Mezquitlán. *Soc. Mex. de Cact. México, D.F.* 132 pp.
- Savage, J. M. 1966. The origins and history of the Central American herpetofauna. *Copeia* 1966: 719-766.
- Sexton, O.J., H.F. Hetwolf and E.H. Meseth. 1963. Seasonal population changes in the lizard *Anolis limifrons* in Panamá. *Amer. Midl. Natur.* 69: 482 - 491.
- \_\_\_\_\_, and O. Tuner. 1971. The reproductive cycle of Neotropical lizard. *Ecology* 52: 159 - 164.
- Sites, J.W.Jr., and J. R. Dixon. 1982. Geographic variation in *Sceloporus variabilis* and its relationship to *Sceloporus teapensis* (Sauria:Iguanidae). *Copeia* 1982 (1): 14-27.
- Smith, H. M. 1940. Las provincias bióticas de México, según la distribución del género *Sceloporus*. *An. Esc. Nac. Scien. Biol. México* 2(1): 103-111.
- Somma, C.A., and G.R. Brooks. 1976. Reproduction in *Anolis acutus*, *Ameiva fuscata* y *Mabuya mabuya* from Dominica. *Copeia* 1976. 2: 249- 256
- S.P.P. 1983a. Carta Topográfica 1:50 000 Zacualtipán F14D62.
- S.P.P. 1983b. Carta Topográfica 1:50 000 Metzquitlán F14D61.
- S.P.P. 1985. Carta Climática 1:250 000 Pachuca F14-11.
- Statgraphics. 1988. Statistical Graphics System. Version 3.0. Prop. Graphic Software Systems Inc.
- Stuart, L.C..1964. Fauna of Middle America, pp. 316-362 In: *Handbook of Middle American Indians VOL. I Natural Environmental and Early Culture* R.C. West (ed) Univ. of Texas Press, Austin.
- Tinkle, D. W. 1961. Population structure and reproduction in the lizard *Uta stansburiana stegnegeri*. *Am. Midl. Nat.* 66, 206-234.
- Villagrán-Santa Cruz, M; F.R. Méndez-de la Cruz y L. Parra-Gámez.1994. Ciclo espermatogénico del lacertilio *Sceloporus mucronatus* (Reptilia:Phrynosomatidae). *Rev. Biol. Trop.*, 42(1/2):285-292.
- Vitt, L.J. 1986. Reproductive lizards with a comment on the evolutionary and ecological consequences of invariant clutch size. *Copeia* 1986: 773-786.
- \_\_\_\_\_, J.M. Howland and A.E. Dunham. 1985. The effect of formalin fixation on weight of lizard eggs. *J. Herpetology* 18: 298 - 299.
- \_\_\_\_\_, Ohmart. 1975. Ecology, reproduction and reproductive effort of the iguanid lizard *Urosaurus graciosus* on the lower Colorado River. *Herpetologica* 31:56-65.
- Wilhoft, D.C., 1963 Gonadal histology and seasonal changes in the tropical Australian lizard, *Leiopisma rhomboidalis*. *J. Morph.* 108: 95-106.
- \_\_\_\_\_, and W.B. Quay. 1961. Testicular histology and seasonal changes in the lizard *Sceloporus occidentalis*. *J. Morph.* 108: 95 - 106.
- Wilhoft and E.O. Reiter. 1965. Sexual cycle of the lizard *Leiopisma fuscum* a tropical Australian Skink. *J. Morph.* 116: 379-388.