

219  
201

# Universidad Nacional Autónoma de México

## FACULTAD DE CIENCIAS



### CONTRIBUCION AL ESTUDIO HISTOLOGICO DEL APARATO REPRODUCTOR MASCULINO DEL ANFIBIO URODELO: *Ambystoma mexicanum*

TESIS QUE PRESENTA:

**Gabriela Vergara Ramírez**

PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G A**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, DISTRITO FEDERAL 1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE

	pág.
PRESENTACION . . . . .	1
ANTECEDENTES . . . . .	6
OBJETIVOS . . . . .	10
MATERIAL Y METODO . . . . .	11
RESULTADOS	
A) Aspectos Anatómicos . . . . .	14
B) Aspectos Histológicos . . . . .	17
1.-Testículo	
a) Células de Sostén	
b) Células en Epermatogénesis	
c) Tejido Intersticial	
2.-Conductos Reproductores. . . . .	33
a) Vasos Eferentes	
b) Tubos Transversales	
c) Conducto de Wolff	
3.-Complejo Glandular Cloacal. . . . .	40

DISCUSION . . . . .	43
CONCLUSIONES. . . . .	48
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS . . . . .	49

## PRESENTACION

*Ambystoma mexicanum*, ha sido un anfibio muy estudiado en el campo de la investigación experimental y en particular en sus aspectos genético y embriológico (Smith 1969, Miltner & Armstrong 1983, Duellman 1985), sin embargo, la mayoría de los estudios están referidos a individuos procedentes de colonias cultivadas en laboratorio, por ser el ajolote mexicano una especie que se procrea y cultiva con facilidad en condiciones artificiales (Miltner & Armstrong 1983). Así pues, aunque abundan los estudios sobre la especie *Ambystoma mexicanum*, es patente lo poco que de ella se sabe bajo condiciones naturales.

Verificadas estas carencias, se procedió a realizar el presente trabajo que se enfoca a aspectos histológicos de individuos recolectados directamente de su ambiente natural y en relación a aspectos histológicos.

Los organismos de esta especie se localizan originalmente en los lagos y canales de Xochimilco y Chalco, México y presumiblemente en las conexiones de los lagos de Texcoco y Zumpango del Valle de México, aunque actualmente es conocido únicamente en el lago de Xochimilco (Duellman 1985).

La especie es considerada endémica, restringida a la zona del lago de Xochimilco mismo que se ubica en la zona sur de la ciudad de México cuyas límites son: al norte el cerro de la Estrella y el de San Nicolás, al sur la Sierra del Ajusco, al oeste el pedregal de San Angel y al este la calzada Tulyehualco-Tlaltenco, misma que hace las veces

de dique, separándolo del antiguo lago de Chalco, a una distancia de 23 Km. del centro de la ciudad de México.

El lago de Xochimilco está integrado por una serie de canales además de las desembocaduras de los riachuelos de Santiago y San Lucas. Se encuentra a una altura de 2 274 m sobre el nivel del mar. Su clima es templado con lluvias en verano y otoño. La vegetación propia de esta región lacustre son los huejotes, ailes, sauces llorones y eucaliptos. Los canales están cubiertos por una gran cantidad de plantas acuáticas, principalmente lirios (Porrúa Edit. 1986).

Actualmente las autoridades capitalinas han declarado que Xochimilco está gravemente amenazado por el deterioro ecológico y en condiciones de degradación tales que, de no prestarle atención inmediata, será imposible que sobreviva un plazo mayor de 5 años. Por ello, para evitar la posible desaparición de la zona, han elaborado un "Plan de Rescate Ecológico" que contempla acciones inmediatas de carácter multidisciplinario (Camacho Solís, M. 1989).

Según Duellman (1985), la clasificación taxonómica de la especie es la siguiente:

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Amphibia Linnaeus, 1758
Subclase	Lissamphibia Haeckel, 1866
Orden	Caudata Oppel, 1811
Suborden	Salamandroidea Noble, 1931
Familia	Ambystomatidae Hallowell, 1856
Género	<i>Ambystoma</i> Tschudi, 1838
Especie	<i>A. mexicanum</i> (Shaw, 1789)

Es importante señalar que anteriormente hubo divergencias en cuanto al nombre científico; entre otras, se le impusieron las siguientes denominaciones: *Sirenodon*, *Siredon*, *Gyrinus*, *Proteus*, *Piscis*. El nombre más común ha sido *Siredon* (Wagler, 1830), el cual fue refutado oficialmente por la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica en 1963 (Smith & Smith 1971)

El nombre genérico actualmente aceptado, *Ambystoma* es producto de una modificación más o menos reciente (1963), del término *Amblystoma*, creado por Agassiz en 1846 (Smith, 1969).

En cuanto al nombre común o vulgar, ajolote (axolotl) es de origen azteca que en lengua nahuatl, por sus raíces, tiene el significado de perro de agua donde atl= agua y xolotl = perro (Smith, 1969).

Cabe mencionar que el nombre común de ajolote, según Smith (1969) es utilizado dentro de los reportes científicos o textos herpetológicos con las siguientes acepciones: 1) para referirse a la especie del género *Ambystoma* restringido en su distribución geográfica a lagos y canales de Xochimilco, D.F., México, esto es a *Ambystoma mexicanum*. 2) todas aquellas especies de larvas de ambystómidos de México o bien 3) todos los miembros de la familia *Ambystomatidae* que se encuentren en estado larval. La acepción más generalizada en la literatura es precisamente ésta última.

Esta especie, por ser endémica de México y por formar parte de la riqueza herpetofaunística del país, debe ser conocida a fondo. Su estudio cobra aún más importancia y tiene carácter urgente, por tratarse de una especie actualmente difícil de encontrar debido a las condiciones de alta contaminación de su ambiente.

Goin y Goin (1971), señalan que *Ambystoma mexicanum* fué considerada como una especie cuya distinción principal era permanecer siempre como larva, condición que originó el nombre de *Siredon*, hasta que se encontró que mediante la alteración artificial de su habitat natural, su metamorfosis se podía inducir a la de un típico ambistómido adulto terrestre.

Debido a su endemismo y a la neotenia que la caracteriza cuando permanece en condiciones naturales, esta especie cuenta con atributos de notable interés para la investigación científica.

Por otra parte, el ajolote ha sido empleado como alimento desde tiempos de la colonia, (Smith 1971). Es bien conocido que actualmente los lugareños de Xochimilco comen, sin embargo, dada su escaséz y la dificultad para conseguirle no se comercializa. En los mercados de la zona no se venden ni se encuentran expendios donde los compradores puedan adquirir el ajolote para su consumo, como ocurre con la especie perteneciente al lago de Pázcuaru, Mich. *A. dumerilii* (Gómez, 1989).

Por información directa de habitantes de Xochimilco sabemos que el ajolote mexicano es utilizado en la medicina natural para la elaboración de jarabes contra la tos y para el alivio de molestias de las vías respiratorias; al parecer, estos jarabes se elaboran en el estado de Puebla de manera no industrial.

Este trabajo se realizó como parte del proyecto "*Estudio Histológico del Aparato Reprodutor en Vertebrados*" que se lleva a cabo en el laboratorio de Histología y Embriología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, dentro del cual se han efectuado otras investigaciones sobre reproducción,

como son: "*Estudio Histológico Comparado del ovario de 4 Vertebrados*" (tesis profesional de Ma. de la Salud Morales Alcántara, 1983); Estudio Comparado de la Histología del oviducto del ajolote *Ambystoma mexicanum* y el ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni alstoni*. (tesis profesional de Margarita Carrubba Castro y Lucía Mena Flores); el reciente trabajo de tesis de licenciatura de Gómez (1989), Histología del Aparato Reproductor Masculino del "achoque" (*Ambystoma dumerilii*, Dugés), Urodelo del Lago de Pátzcuaro, realizado en el mismo laboratorio nos permite el estudio comparado entre especies ya que se trata de organismos cuya relación filogenética es definitivamente muy cercana (Brandon, 1972).

Las características diagnósticas macroscópicas que distinguen a la especie son: Cuatro falanges en el cuarto dedo de las patas; dedos alargados y sin membrana interdigital; doce branquias plumosas en la cara anterior del tercer arco; capacidad de transformación (metamorfosis) artificialmente; larva de color gris oscuro con numerosas manchas grises muy oscuras o negras; al transformarse, se convierte en un adulto negruzco con grandes manchas amarillas (Gayou, 1970).

## ANTECEDENTES

En los anfibios, el aparato reproductor masculino ha sido objeto de diversos estudios; anatómicamente ha sido descrito como parte del sistema urogenital de las siguientes especies de *Ambystoma*: *A. maculatum*, *A. texanum*, *A. tigrinum tigrinum*, *A. tigrinum diaboli* (Baker y Taylor, 1964) ahora, en un estudio sobre diversas especies de la familia Salamandridae, en el análisis se concluye que hay diferencias anatómicas mínimas (Baker, 1965). El trabajo de Baker y Taylor (op. cit.) sobre ambistómidos da un énfasis particular al grado de desarrollo del epidídimo (porción sexual del riñón) y su relación con los testículos y conductos de Wolff; y, en los dos estudios anteriores la finalidad principal fué la de establecer posibles relaciones filogenéticas entre las especies y familias analizadas, llegando a concluir una cercana relación entre familias por el similar grado de desarrollo.

Carrillo Castañeda (1970), hace un estudio anatómico comparativo del aparato genital de algunos anfibios del Valle de México, en el cual utilizó especies representativas de anuros (*Rana montezumae* y *Scaphiopus multiplicatus*) y de Urodelos (*Ambystoma mexicanum*), describiendo someramente para la última especie, las estructuras que conforman su aparato reproductor tanto anatómicamente como histológicamente.

Brandon (1970, 1972), ha hecho estudios sobre aspectos de reproducción en *Ambystoma dumerillii* en primera instancia tratando de definir la talla de individuos maduros e inmaduros y en segunda establecer la época de apareo y reproducción de organismos en cautiverio, a través de observaciones de comportamiento y de características sexuales primarias y secundarias. También se han realizado experimentos de hibridación en condiciones de laboratorio, entre *Ambystoma dumerillii*

y *A. mexicanum* cuyo éxito le permite concluir un cercano parentesco entre ambas especies al grado de sugerir reconsideraciones taxonómicas.

Sever (1974), encuentra testículos múltiples funcionales -cada uno como una unidad- en salamandras de *Eurycea*, su trabajo puede considerarse un estudio de carácter morfológico.

Para Urodelos es más bien escasa la literatura dedicada a aspectos histológicos ya sea referente al aparato reproductor en general o a estructuras específicas del mismo en particular. Branca (1904), hace una muy vaga descripción de las células participativas del proceso espermatogénético del ajolote sin señalar la especie por él estudiada lo que le dá a su trabajo un matiz de incertidumbre.

Carrick (1933), y Duellman (1985), señalan que en los Urodelos en general, los testículos son órganos pareados unidos a los riñones por una membrana, el mesorquio, la que sostiene los conductos eferentes que van de los testículos a los riñones. Su tamaño es variable estacionalmente y son de forma alargada y extendida en su parte cercana a la del riñón. Se alojan internamente en la cavidad abdominal y están localizados dorsalmente. La espermatogénesis ocurre en los tubos seminíferos y el esperma es transportado a través de ductos colectores hacia el canal longitudinal de los testículos para pasar al riñón vía los tubos eferentes (*vasa efferentia*).

Los conductos deferentes de *Rhyacotriton olympicus* son analizados por Zalisco y Larsen (1988), mediante técnicas histoquímicas logrando una excelente descripción de ultraestructura.

Williams (1984), por su parte, menciona cambios histológicos estacionales en los conductos reproductores de dos especies de salamandras, para lo cual utilizó técnicas histoquímicas para su caracterización histológica, destacando la ausencia de regionalización histológica, tanto en los tubos transversos, como en los conductos deferentes de los organismos trabajados.

Norris et al (1985), mediante un estudio de la reproducción reproductivo de *Ambystoma tigrinum* llegan a la conclusión de que hay independencia entre los niveles de andrógeno y el diámetro de los conductos deferentes así como con el peso testicular, mientras que encuentran una relación directa entre la hipertrofia del epitelio de los conductos deferentes y de la región cloacal glandular con la actividad hormonal.

El análisis del complejo glandular cloacal de urodelos es abordado por William et al (1985), en su estudio dedicado a *Eurycea licifuga* y *E. longicaudata*, dividiendo a este complejo en siete regiones diferentes, basados en la posición, morfología y la naturaleza histoquímica de los productos que secretan las glándulas de las mencionadas especies.

La espermatogénesis en ambistómidos es abordada por Carrick (1933), en un trabajo sobre *A. tigrinum*, en el que determina el número cromosómico del ajolote y describe detalladamente los elementos celulares del proceso, destacando principalmente los fenómenos meióticos desde una perspectiva genética.

Para *Ambystoma mexicanum*, en particular, existen estudios de espermatogénesis con diferentes enfoques; como ejemplo tenemos la tesis de licenciatura de Rodríguez Aguilera (1969), en el que hace un detallado análisis morfológico del espermatozoide, describiéndolo por porciones con la ayuda del microscopio electrónico concluyendo

que se trata de un elemento específico celular de la espermatogénesis del anfibio estudiado.

El espermatozoide de diversos salamánderos, pleurodóntidos y ambistómidos ha sido estudiado con gran detalle por Wortham et al (1982), haciendo una descripción citológica con la ayuda del microscopio electrónico; la finalidad de la investigación fue encontrar características del gameto masculino, de los mencionados urodelos, que pudieran aportar valor taxonómico. Para el género *Ambystoma*, estos autores mencionan como características de importancia taxonómica tanto la longitud del cuello como la presencia de la membrana ondulante a lo largo de la cola del espermatozoide.

La investigación de Miltner y Armstrong (1983), denominada "Espermatogénesis en el ajolote mexicano, *Ambystoma mexicanum*", describe cada elemento celular de la espermatogénesis a fin de determinar las condiciones óptimas de cultivo para este ajolote y de proponer un marco de estudios de interpretación mutagénica. Tal estudio constituye un antecedente muy importante para nuestro trabajo por tratarse de la misma especie, sólo que los individuos utilizados por ellos proceden de una colonia cultivada en su propio laboratorio, mientras que nosotros obtuvimos a los organismos directamente de su ambiente natural.

El trabajo más reciente relativo a la histología del aparato reproductor masculino en ambistómidos es el de Gómez, (1989), sobre la especie *Ambystoma dumerilii*, trabajo que fué realizado en el Laboratorio de Histología y Embriología de la Facultad de Ciencias de la UNAM y representa un excelente soporte de análisis comparativo con el trabajo que nos ocupa.

## OBJETIVOS

- I Realizar una descripción histológica de los diferentes elementos que integran el aparato reproductor masculino de la especie *Ambystoma mexicanum* en condiciones naturales.
- II Describir el proceso de la espermatogénesis de *Ambystoma mexicanum* durante su época reproductiva.
- III Contribuir a los estudios sobre reproducción de la especie endémica de México *Ambystoma mexicanum* con el fin de aportar elementos para su mejor preservación dentro de la herpetofauna del país.

## MATERIAL Y METODO

Se recolectaron seis ejemplares machos adultos de la especie *Ambystoma mexicanum* del Lago de Xochimilco durante los meses de Agosto a Noviembre, época en que ocurre la maduración de células sexuales (FIG 1); se recolectaron dos ejemplares en Agosto, dos en Septiembre, uno en Octubre y uno en Noviembre (FIG.1).

El proceso que se llevó a cabo en cada uno de los individuos fué el siguiente:

**DISECCION.-** Los individuos fueron anestesiados con éter y descerebrados. Posteriormente fueron disectados para la extracción de los órganos reproductores, mismos que fueron goteados con formol neutro al 10 por ciento (fijador) durante el proceso. Una vez retiradas las gónadas se introdujeron en el fijador, en una proporción de aproximadamente cinco veces el volúmen de aquéllos, a fin de lograr su fijación definitiva.

Posteriormente se lavaron al chorro de agua corriente, por lo menos durante 60 minutos. Se continuó con su deshidratación colocándolos en alcoholes graduales de 50, 70, 80, 90 y 100 por ciento y xilol, un mínimo de dos horas en cada una de estas soluciones.

**INCLUSION.-** Cada órgano fué incluido en parafina líquida a 56 grados centígrados pasándose primeramente por parafina/xilol (1:1) y dos cambios de parafina pura dedicando una hora cada fase.

**CORTES.-** Los cortes, tanto transversales como longitudinales, fueron hechos con ayuda de un microtomo Reichert; se les dió un grosor desde siete hasta nueve micras



FIG. 1.- A) *Ambystoma mexicanum*. Vista dorsal.

B) *Ambystoma mexicanum*. Vista frontal.

para todos los ejemplares. Los cortes se colocaron en baño de flotación y se recogieron con los portaobjetos. Cada portaobjeto fué numerado a fin de conservar un orden que permitiera el manejo ordenado del material.

TINCION.- Las técnicas de tinción empleadas en los cortes seleccionados fueron: H-E, Tricrómica de Gallego y PAS.

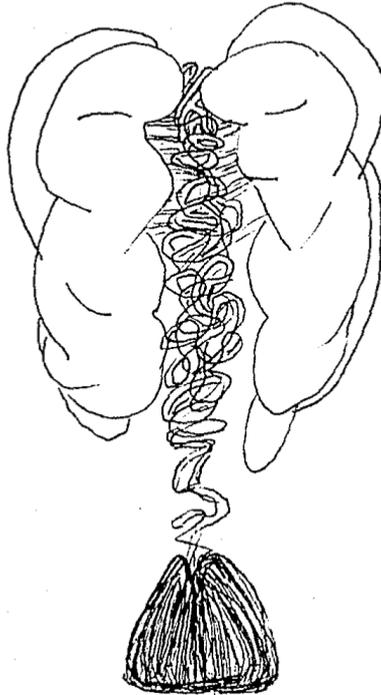
OBSERVACION.- Se seleccionó el material, y se hicieron las observaciones pertinentes. Una vez calibrado el microscopio, las medidas fueron hechas con ayuda de una reglilla micrométrica Zeiss C8x. La toma de fotografías se efectuó mediante un fotomicroscopio marca Zeiss III, empleando película Fuji ASA 100.

## RESULTADOS

### A) ASPECTOS ANATOMICOS (FIG.2)

El aparato reproductor masculino de *Ambystoma mexicanum* consta esencialmente de un par de testículos de apariencia compacta, forma alargada y color crema sin pigmentación evidente; durante su etapa sexualmente activa los testículos tienen una longitud promedio de 5 cms, presentan pequeñas constricciones que no llegan a formar septos, pero que le confieren una apariencia ligeramente lobulada; se localizan en la cavidad abdominal, en su zona dorsal, sostenidos por un mesenterio; se comunican con los tubos transversales y con los conductos deferentes o de Wolff, mediante vasos eferentes. En los conductos de Wolff se distinguen tres regiones: una anterior, la más corta de las tres, está cercana al testículo y es delgada y recta; la media, la que ocupa la mayor longitud, es ligeramente más gruesa muy contorneada y se caracteriza por estar pigmentada; finalmente la cloacal, aún más gruesa que la media es recta y corta. Paralelos a los conductos de Wolff se encuentran los conductos rudimentarios de Müller, así como los cuerpos grasos; estos últimos son longitudinales, compactos, de un color amarillo intenso, se encuentran unidos tanto a los testículos como a los conductos deferentes por el mesorquio y su ubicación es ventral a los testículos. Paralelos a los testículos, se encuentran los riñones, cuya región caudal está notoriamente más desarrollada (ESQUEMA 1).

Muy cercana a la última porción de los conductos deferentes, en la región cloacal, se localiza la zona de glándulas que constituyen el complejo glandular.



#### ESQUEMA 1

Aspecto que ofrece la anatomía del aparato urogenital masculino de *Ambystoma mexicanum*  
A) Testículos. B) Cuerpos grasos C) Conductos transversales D) Conductos de Wolff E) Porción caudal del riñón.



FIG. 2 Relaciones Anatómicas del Testículo.

A) Corte transversal a nivel de la región anterior del testículo. Testículo (t), cuerpos grasos (g), porción renal (r), conductos de Wolff (cW) y conductos rudimentarios de Müller (cM), aorta dorsal (a). H-E. 32X.

B) Detalle de la figura A. H-E. 200X.

## **B) ASPECTOS HISTOLOGICOS**

### **1) TESTICULO**

En corte transversal, el testículo muestra encapsulado con una capa serosa en la que se distingue un epitelio plano simple (mesotelio) y escaso tejido conjuntivo - fundamentalmente fibroblastos-, así como algunos vasos sanguíneos (FIG. 7A).

Los tubos seminíferos, en corte transversal, generalmente presentan una forma redonda. Las células que se encuentran en su interior están arregladas en grupos llamados quistes, donde cada uno de ellos presenta un mismo tipo celular (FIGS. 3, 7A y 9B), sin embargo, no necesariamente todos los quistes de un mismo tubo están integrados por el mismo tipo de células (FIGS. 7A, 7C y 9B). Generalmente, los quistes de un mismo tubo tienen tipos celulares en fases contiguas. El número de quistes por tubo va aproximadamente de ocho a doce (FIG. 3).

#### **a) CELULAS DE SOSTEN**

Generalmente cada quiste lleva asociada una célula de sostén, de la que sólo se observa el núcleo (FIGS. 4D, 5A, 5C y 7D). Estos núcleos son de forma ovalada, aunque ocasionalmente aparecen arriñonados, su tinción es muy uniforme. Se localizan de manera constante en el perímetro de cada quiste pudiéndose decir que estas células lo limitan.

#### **b) CELULAS EN ESPERMATOGENESIS**

##### **Espermatogonias (FIG. 4)**

En la parte anterolateral de los testículos se ubica una zona de espermatogonias primarias, rodeadas de elementos de tejido conjuntivo como fibras y fibroblastos, cuyos núcleos alargados muestran mayor afinidad al colorante, lo que los hace verse más

FIG. 3.- Panorama del Testículo en Corte Longitudinal  
Eje antero-posterior (↓) H-E. 32X



← Zona de  
espermatogonias

Tubos semini-  
feros con  
quistes de  
espermatoцитos.



Tubos seminíferos con  
espermátidas en  
espermiogénesis

Quistes de  
espermatozoides

densos que los de las espermatogonias mencionadas (FIGS. 4A y 4C). En cortes longitudinales esta zona ocupa aproximadamente un cinco por ciento del total del testículo (lámina Fig.3).

Las espermatogonias primarias (FIGS. 4A a 4D) son células redondas y grandes, cuyo diámetro fluctúa entre 30 y 50 micras. Su citoplasma es homogéneo y ligeramente basófilo, sus núcleos son igualmente redondos y de gran tamaño en proporción a la célula y presentan cromatina granulosa.

Cuando las espermatogonias primarias proliferan, por mitosis, siguen una tendencia a agruparse, dejando un claro espacio central (FIG. 4D); cuando el espacio central está bien definido, las espermatogonias conforman una sola capa, es en este momento que hablamos ya de espermatogonias secundarias en proceso de formación de los tubos seminíferos. Cuando se presenta este arreglo se observan núcleos de células de sostén asociadas a ellas (FIG. 4D). Las espermatogonias secundarias se reproducen activamente, dando origen a células esféricas que miden desde 18 hasta 20 micras.

### **Espermatocitos Primarios (FIGS.5, 6A y 6B)**

Este tipo de células se distingue por su núcleo en Profase I de la meiosis, rara vez el contorno citoplasmático se hace evidente, los núcleos aparecen esféricos y su tamaño es de 15 a 18 micras.

En la mayoría de las preparaciones histológicas en donde predominan quistes de espermatocitos primarios la mayor proporción de núcleos corresponden a las fases leptótena y cigótena de la Profase I de la meiosis. Es menos frecuente localizar quistes que muestren fases paquítenas o diplótenas.

En la fase leptótena, los espermatoцитos muestran núcleos densos, su cromatina es grumosa con una distribución homogénea (FIG. 5C).

En la fase cigótena la cromatina del espermatoцитo va tornándose filamentososa; al inicio de esta fase es difícil distinguirla de la anterior, pero cuando avanza y se define como tal, la cromatina de sus núcleos se muestra menos densa iniciándose la definición de los filamentos, en ocasiones dando una apariencia reticular (FIG. 5D).

Durante la fase paquítena, los espermatoцитos muestran una cromatina de gruesas fibras por pares (FIG. 6A).

La fase diplótena se caracteriza por la alta densidad de la cromatina y por su acomodo en el núcleo, lo que permite apreciar los puntos en los que los homólogos aún no se han separado, formando puntos de unión conocidos como quiasmas; en un par de cromosomas pueden observarse más de un quiasma (FIG. 6B).

Es importante señalar que se observaron otros quistes de forma irregular asociados a los de los espermatoцитos tanto primarios como secundarios que parecieran ser anormales. Estas células son comúnmente redondeadas y fuertemente acidófilas, de tinción muy homogénea (FIGS.9B y 9C); sin embargo algunas aparecen irregulares de tal manera que pierden su redondez y adquieren diferentes formas, desde medias lunas hasta totalmente irregulares. Nunca se observaron llenando todo un tubo, sino sólo uno o dos quistes de un mismo tubo, contiguas a quistes de espermatoцитos o espermátidas, por lo que se cree puedan ser formas anormales de éstos. Tampoco fueron muy abundantes en lo que a número de quistes se refiere, sin embargo, en los quistes en que se presentaron su distribución fué más bien aglomerada (FIG.9C).

**FIG. 4**

- A) Región anterior del testículo con espermatogonias primarias (e1) y secundarias (e2). H-E. 200X.
- B) Espermatogonias primarias (e1) rodeadas de tejido conjuntivo. Tinción de Gallego. 500X.
- C) Espermatogonias primarias. Se observa actividad mitótica (→). H-E. 500X.
- D) Espermatogonias secundarias (e2) colocadas alrededor de una luz central (l), células de sostén (†). H-E. 500X.

FIG. 4.- Espermatozonias



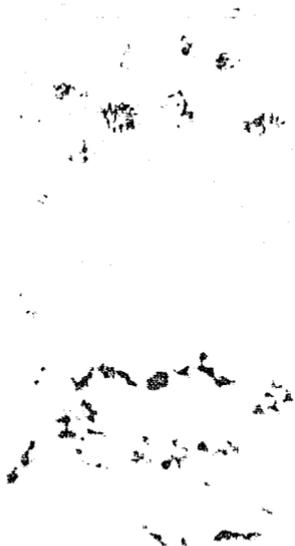
**FIG. 5**

- A) Espermatoцитos primarios. Se muestran 3 quistes en diferentes etapas de meiosis. H-E. 500X.
- B) Fases: cigótena (c), diploténa (d) y metafase I (m). Tricrómica de Gallego. 500X.
- C) Fase leptótena (l). Tricrómica de Gallego. 1250X.
- D) Fase cigótena (c). H-E. 1250X.

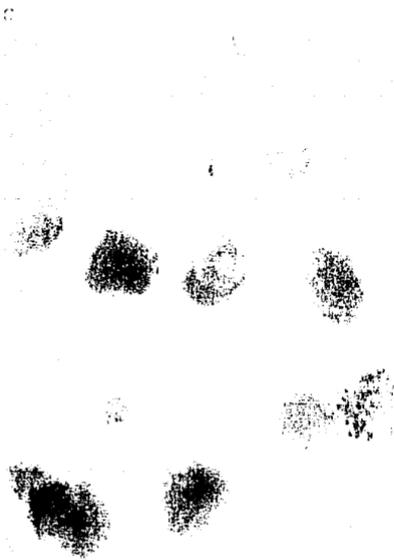
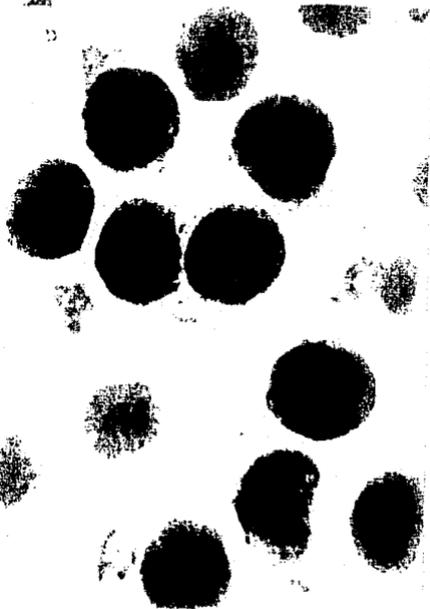
FIG. 5.- Espermatoцитos



11



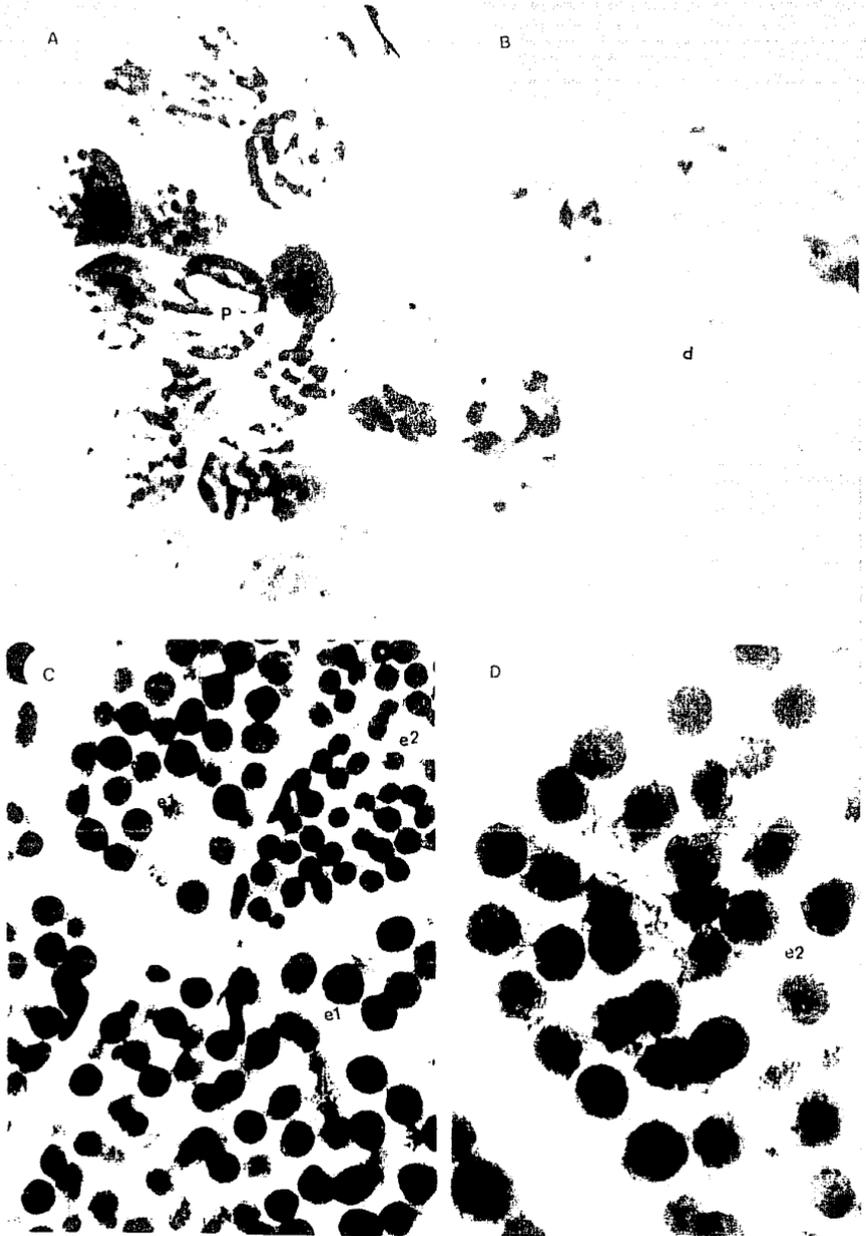
12



**FIG. 6**

- A) Espermatoцитos primarios en fase paquítena (p). H-E. 1250X.
- B) Fase diploténa. (d). Tricrómica de Gallego. 1250X.
- C) Espermatoцитos primarios (ec1) y secundarios (ec2). Se reasaltan las diferencias de tamaños entre ambos tipos celulares. H-E. 500X.
- D) Espermatoцитos secundarios (ec2). H-E. 1250X.

FIG. 6.-Espermatocitos



Los espermatoцитos en Metafase I muestran los cromosomas densos y cortos (FIG. 5B).

### **Espermatoцитos Secundarios (FIGS. 6C y 6D)**

Estos tipos celulares, son notablemente mas pequeños que los primarios, tal como lo muestra la FIG. 6C y 6D, en el que aparecen tanto espermatoцитos primarios como secundarios. En estos se mantiene su forma esférica y en sus núcleos la cromatina es granulosa.

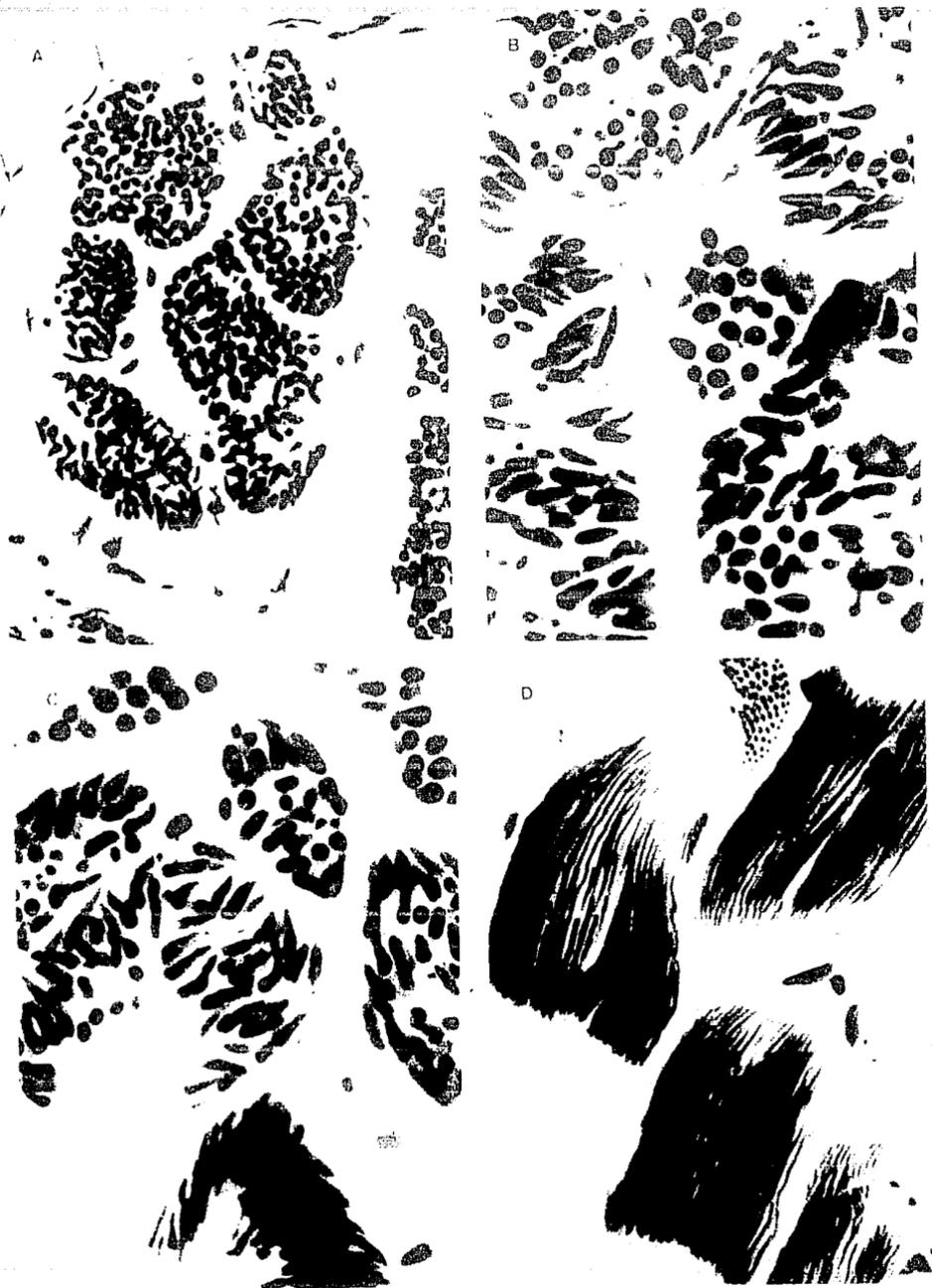
### **Espermátidas (FIG. 7)**

Al inicio de esta etapa las células son esféricas, ligeramente más pequeñas que los espermatoцитos secundarios, miden aproximadamente 10 micras de diámetro, el citoplasma es escaso y sus núcleos muestran un aspecto más denso y homogéneo. Al inicio del proceso espermiogénético estas células conservan un gran parecido a sus antecesoras, sin embargo la característica que nos permite diferenciarlas es la modificación en cuanto a su forma, esto es, pasan de ser esféricas a ovaladas en un proceso gradual en el que cada vez se aprecia más claro el aumento del eje mayor (FIGS. 7A y 7D). Un tubo seminífero puede albergar espermátidas agrupadas en quistes cuyas dimensiones aún sean similares, lo que depende del momento del proceso en el que se encuentren, aunque no necesariamente un quiste es homogéneo en cuanto se refiere al momento de la espermiogénesis por el que pasa la célula. Una vez que el proceso va progresando la coloración es más intensa y la granulación de la cromatina, al dejar la célula su forma esférica, prácticamente desaparece, de modo que se observan núcleos de tinción homogénea. La tendencia de los nacientes espermatozoides de todos mantener hacia una misma dirección las cabezas es muy clara en las últimas etapas de la espermiogénesis (FIG. 7D).

**FIG. 7**

- A) Tubos seminíferos conteniendo quistes de espermátidas en fase inicial de espermiogénesis. Se observa la cápsula testicular (↓). H-E. 200X.
- B) y C) Progresivo alargamiento celular. 500X. B) PAS C) H-E.
- D) Etapa avanzada de la espermiogénesis. Quistes de espermátidas. H-E. 500X.

FIG. 7.-Espermiogenesis



## Espermatozoides (FIG. 8)

Como conclusión de la espermiogénesis surgen los espermatozoides, células filiformes de gran longitud que, todavía al interior del testículo en los tubos seminíferos, conservan el patrón de acomodo quístico (FIG. 8A). Cada quiste se observa como un haz de espermatozoides cuyas cabezas llevan la misma orientación, como ya se había mencionado. Es importante señalar que, incluso en un mismo quiste, la afinidad a los colorantes se presenta de manera diferente, así las cabezas de los espermatozoides de un mismo haz puede mostrar afinidad a un colorante y el resto a otro (FIG. 8B).

Los espermatozoides se localizaron en el interior de los testículos, tanto en los tubos seminíferos como en la luz de los vasos eferentes intratesticulares (FIG. 12B), así como en de la porción media y final del conducto de Wolff (FIG. 15).

En campos de observación a gran aumento, particularmente en el conducto de Wolff, los espermatozoides se observaron con una cabeza alargada, cuyo ápice es curvo y puntiagudo (FIG. 8C). El acrosoma al parecer cuenta con una prolongación aplanada hacia un lado y otro y de apariencia membranosa (FIG. 8D). Caudalmente se observa un largo flagelo. Se logró apreciar una membrana ondulante que, al parecer, va a todo lo largo de la cola (FIG. 8D).

En cortes transversales del testículo, correspondientes a su parte posterior, en donde abundan quistes de espermatozoides, destacan tubos seminíferos que en su interior llevan algunas formas irregulares que, por su cercanía, las podemos asociar con los espermatozoides (FIG. 10). Estas formas siempre se les localiza en la zona colindante a la de las espermatogonias (FIG. 10A), son muy abundantes y siempre aparecen al interior de los tubos seminíferos, ya sea compartiendo el espacio con quistes de espermatozoides o llenando la totalidad de la luz tubular, su forma es totalmente

**FIG. 8**

- A) Región posterior del testículo con abundantes quistes de espermatozoides. Nótese la diferente afinidad al colorante. Se observa tejido intersticial muy delgado (↓). H-E. 200x
- B) Quistes de espermatozoides mostrando la orientación típica de los extremos celulares (↓). PAS. 500X.
- C) Acúmulo de espermatozoides al interior del conducto de Wolff. Nótese las cabezas de algunos de ellos. (↓).H-E. 500X.
- D) Detalle de espermatozoides mostrando la porción ancha de la cabeza (↑) y algunas membranas ondulantes (→).H-E. 1250X.

FIG. 8.-Espermatozoides



irregular pudiendo identificarse a espirales, bastones, ovillos o filamentos plegados en diversas formas (FIGS. 10B, 10C y 10D). Son muy basófilas en cuanto a afinidad al colorante por lo que se aprecian densas y su distribución al interior del tubo es dispersa, esto es, no guarda el arreglo quístico ya descrito para los elementos celulares.

### **C) TEJIDO INTERSTICIAL**

Los tubos seminíferos, que conforman al testículo en su interior, están claramente delimitados por tejido intersticial muy delgado en el que se observan núcleos alargados de fibroblastos y ocasionalmente vasos sanguíneos (FIG. 8A). Así mismo entre los tubos se observan acúmulos de células intersticiales (Leydig) cuyos núcleos son generalmente ovals (FIG. 9A).

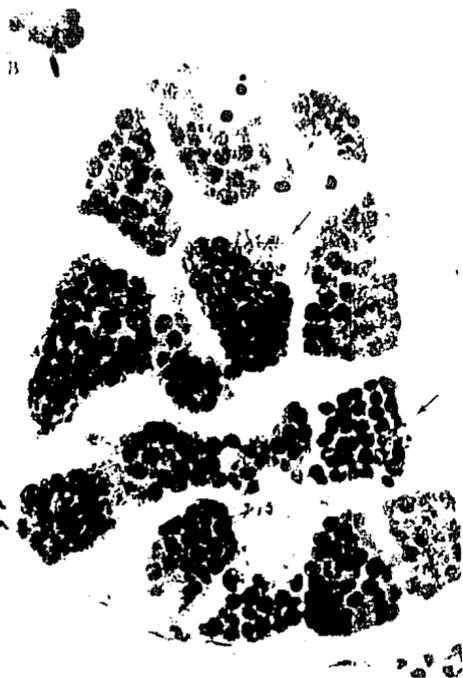
Avanzada la espermiación el aspecto del testículo es diferente a cualquier otra etapa de menor madurez. Muestra algunos tubos seminíferos con restos de espermatozoides o incluso vacíos, lo que da evidencia de espermiación tardía, contiguo a estos tubos aparece un tejido que da la impresión de sustituir o avanzar sobre los espacios libres que dejan dichos tubos (FIG. 11A).

Por su diversidad celular, desde el punto de vista de los elementos tisulares que integran este tejido de sustitución, podemos calificarlo como complejo. Se observan espermatogonias que se pueden presentar aisladas o en grupos de diferentes tamaños (FIGS. 11B, 11C y 11D); las espermatogonias tienen características citológicas similares a las ya descritas para este tipo celular. También se observaron estructuras tubulares cuya luz está limitada por células de núcleos ovoides de forma irregular son de tinción basófila homogénea, el espacio luminal es muy reducido, tendiente a perderse, así mismo se aprecian estos tubos rodeados de fibras

musculares paralelas a la luz (FIGS. 11B, 11C y 11D). Hay además acúmulos de células similares a adiposas con sus núcleos aplanados y densos (FIG. 11C). Entre todos estos elementos se presentan diversas células de tejido conjuntivo, entre el cual son evidentes los núcleos de fibroblastos y melanocitos (FIG. 11D), éstos últimos localizados frecuentemente cercanos a los vasos sanguíneos.

**FIG. 9**

- A) Núcleos de células de Leydig (L). Núcleos de fibroblastos(f) y células sanguíneas: eritrocitos (e), basófilos (b). Tricrómica de Gallego. 500X.
- B) y C). Quistes con formas irregulares durante la formación de espermatocitos (I). Tricrómica de Gallego. B) 200X. C) 500X.



**FIG. 10**

- A) Región anterior del testículo con espermatogonias. Se observan quistes con formas irregulares durante la espermatogénesis (†). H-E. 78X.
- B) Tubo seminífero con formas irregulares (i). Tubo seminífero conteniendo tanto formas irregulares como espermatozoides (t). Tinción de Gallego. 200X.
- C) Diversas morfologías de las formas irregulares. H-E. 500X.
- D) Detalle de la figura anterior. H-E. 1250X.

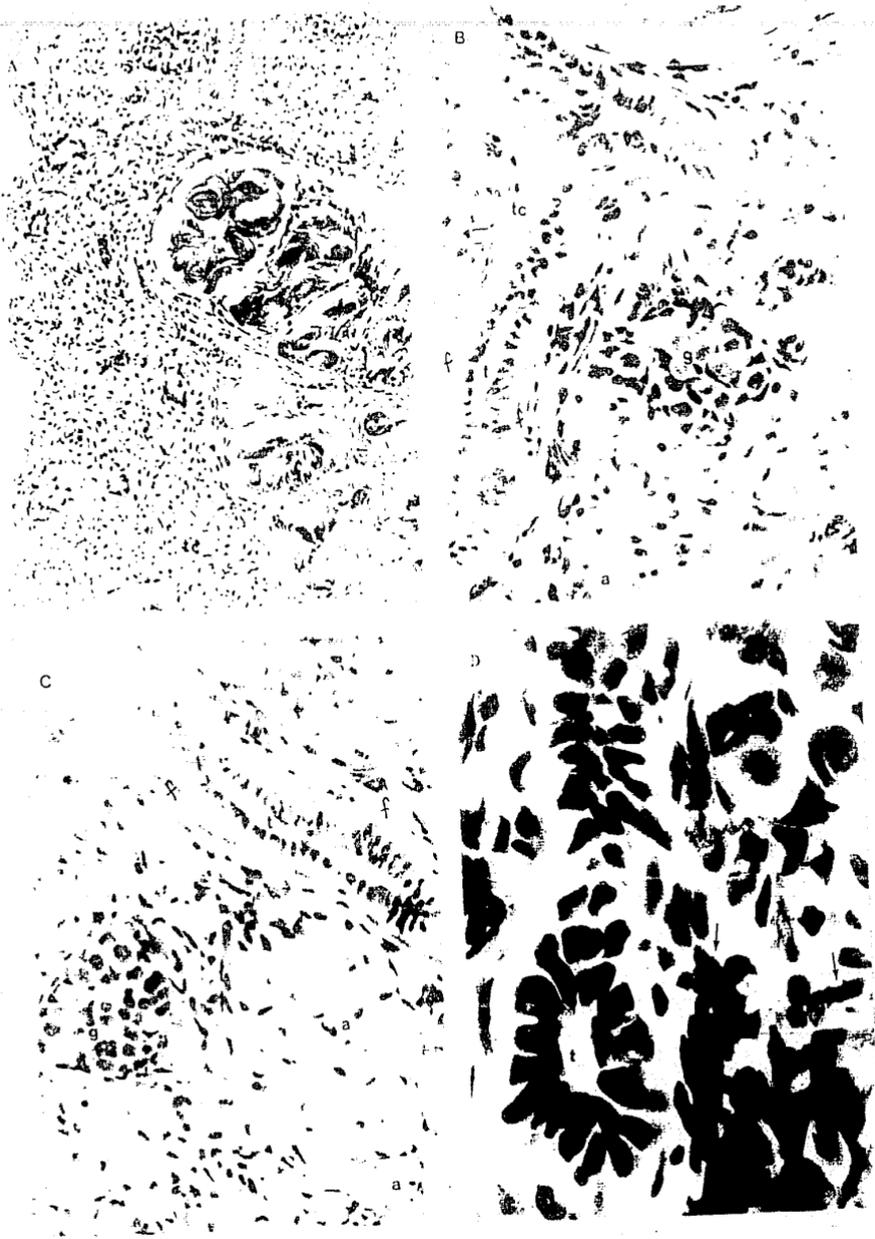
FIG. 10.- Formas Irregulares



**FIG. 11**

- A) Panorama del testículo mostrando tubos seminíferos en espermiación y tejido de sustitución. H-E. 78X.
- B) y C) Tejido de sustitución que muestra el tejido conjuntivo (tc), grupos de espermatogonias (g), tubos con luz estrecha (t), fibras musculares (fm), grupos de células con apariencia de adipocitos ( a ), se observan fibras musculares rodeando a los tubos ( f ). H-E. 500X.
- D) Detalle que muestra espermatogonias, tubos (t), vasos sanguíneos (vs) y melanocitos (↓). H-E. 1250X.

FIG. 11.- Tejido de Sustitución



## **.2) CONDUCTOS REPRODUCTORES**

### **a) VASOS EFERENTES (FIG. 12)**

Se localizan dentro del testículo, son tubos muy pequeños, aproximadamente de una décima parte de un tubo seminífero promedio, su luz es muy regular y tienen un epitelio cúbico bien definido con núcleos esféricos y citoplasma homogéneo, están rodeados por una delgada capa de tejido conjuntivo (FIGS. 12A y 12B). En el testículo se encuentran eventualmente de 3 a 4 en un corte de la región media.

En la periferia del testículo se observa un tubo de mayor diámetro y luz regular con epitelio casi plano rodeado de tejido conjuntivo que en su interior lleva espermatozoides (FIG. 12A).

### **b) TUBOS TRANVERSALES (FIG. 13)**

Ubicado entre el testículo y el conducto de Wolff se localiza un conjunto de pequeños tubos muy juntos que corresponde a los tubos transversales (FIGS. 13A y 14A). Por sus características morfológicas, estos tubos se pueden clasificar en 3 diferentes categorías: 1) aquellos cuyo epitelio es cúbico muy regular, monoestratificado, de núcleos redondos bien definidos y citoplasma claro y homogéneo, se distinguen por la tendencia del borde luminal de las células epiteliales a prolongarse al centro de la luz tubular (FIG. 13B); 2) los que muestran un epitelio bajo de pocas células con núcleos ovoides y densos cuyo citoplasma es claro (FIG. 13A); 3) tubos con una capa de epitelio cúbico de núcleos redondos y densos de citoplasma claro y homogéneo, en cuyos extremos apicales ocasionalmente se distinguen cilios, presentan además evidentes microvellosidades que se observan con claridad en su parte luminal (FIGS. 13C y 13D). En todos los tubos, el epitelio está rodeado de tejido conjuntivo y su luz se observó siempre carente de espermatozoides en su interior.

**FIG. 12**

- A) Vaso eferente en el interior del testículo (↓). Tubo espermático en la periferia que pudiera corresponder al canal marginal (\*).PAS. 78X.
- B) Detalle del vaso eferente señalado en la fig. A. PAS. 500X.
- C) Panorama que muestra la relación entre el testículo (T) y los diferentes niveles de tubos espermáticos (↓).PAS. 32X.

FIG.12.- Vasos Eferentes



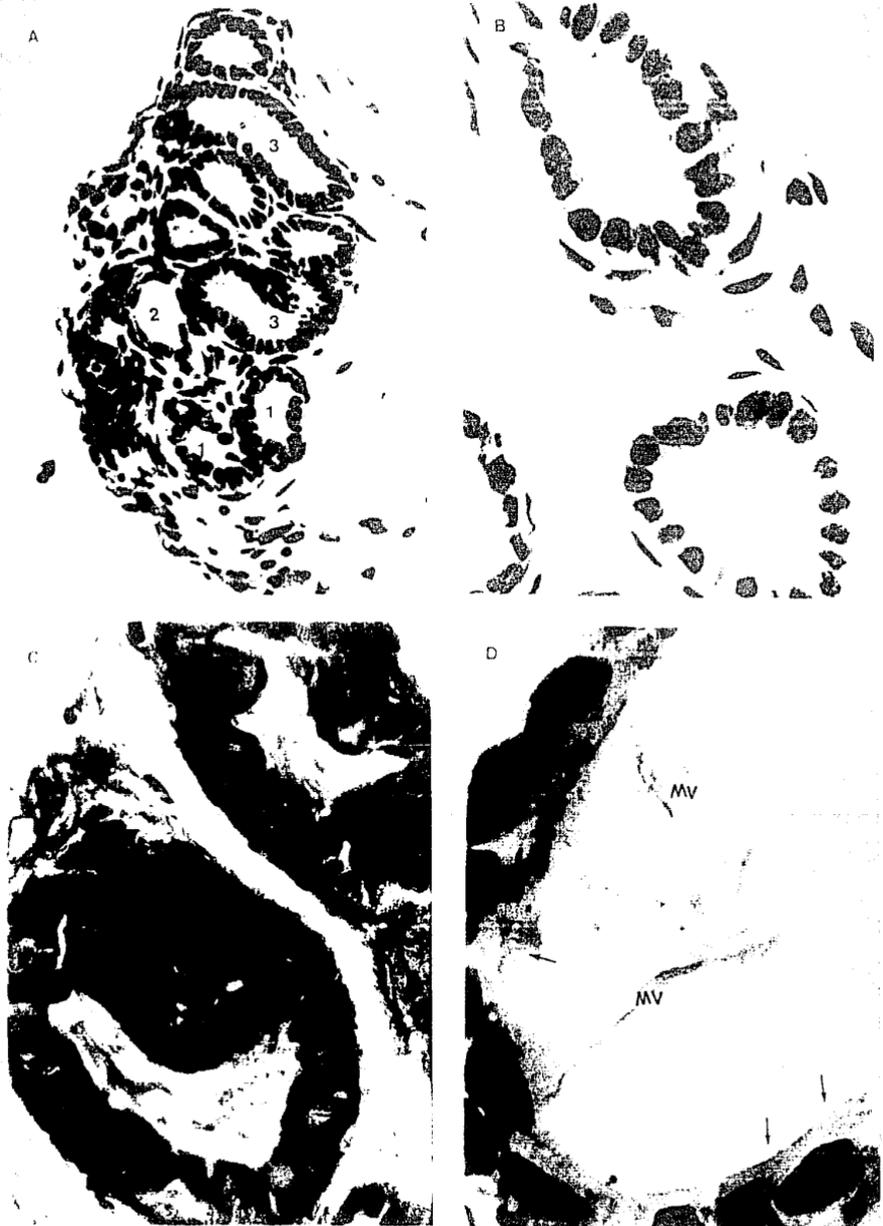
**FIG. 13**

A) Conjunto de tubos transversales mostrando las diferentes categorías encontradas: (1), (2) y (3). H-E. 200X.

B) Detalle del tipo 1. H-E. 500X.

C) y D) Detalles del tipo 3. Nótese los cilios ( $\downarrow$ ) y las microvellosidades (MV). C) PAS. 500X. D) H-E. 1250X.

FIG. 13.- Tubos Transversales



**FIG. 14**

- A) Tubos de aspecto secretor (ts) cercanos a un conjunto de tubos transversales ( $\downarrow$ ) y al testículo (T). PAS. 32X.
- B) Epitelio y luz regular. Las células epiteliales muestran granulaciones de diferentes tipos de acuerdo a su afinidad al colorante. PAS. 500X.
- C) y D) El epitelio y la luz muy irregulares. núcleos basales aunque también los hay apicales. C) H-E. 78X D) PAS. 500X.

FIG. 14.- Tubos de Aspecto Secretor



Es importante señalar que se observaron tubos que por presentar sus células un citoplasma granuloso dan apariencia secretora; están localizados cercanos a la parte anterior del testículo y a los tubos transversales (FIG. 14). Estos tubos son de luz irregular y mas grande, en proporción a los tubos transversales, su epitelio es cilíndrico con núcleos claros y basales, los citoplasmas son claros y granuloso sus bordes apicales son muy irregulares y no se presenta secreción alguna al interior de los tubos. Rodeando al epitelio e integrando varias capas se observan células de aspecto adiposo o bien muy vacuoladas (FIG. 14D).

### **c) CONDUCTO DE WOLFF (FIGS. 15 y 16)**

Las variaciones anatómicas e histológicas a lo largo de este conducto nos permiten su descripción de acuerdo a las siguientes regiones:

La región anterior, la más inmediata al testículo, muestra una pequeña luz circular rodeada de una capa de epitelio cúbico conformado por células de núcleos grandes, redondos y grumosos, de citoplasma hialino, el epitelio está rodeado por tejido conjuntivo entre el que se observan vasos sanguíneos y algunos melanocitos.

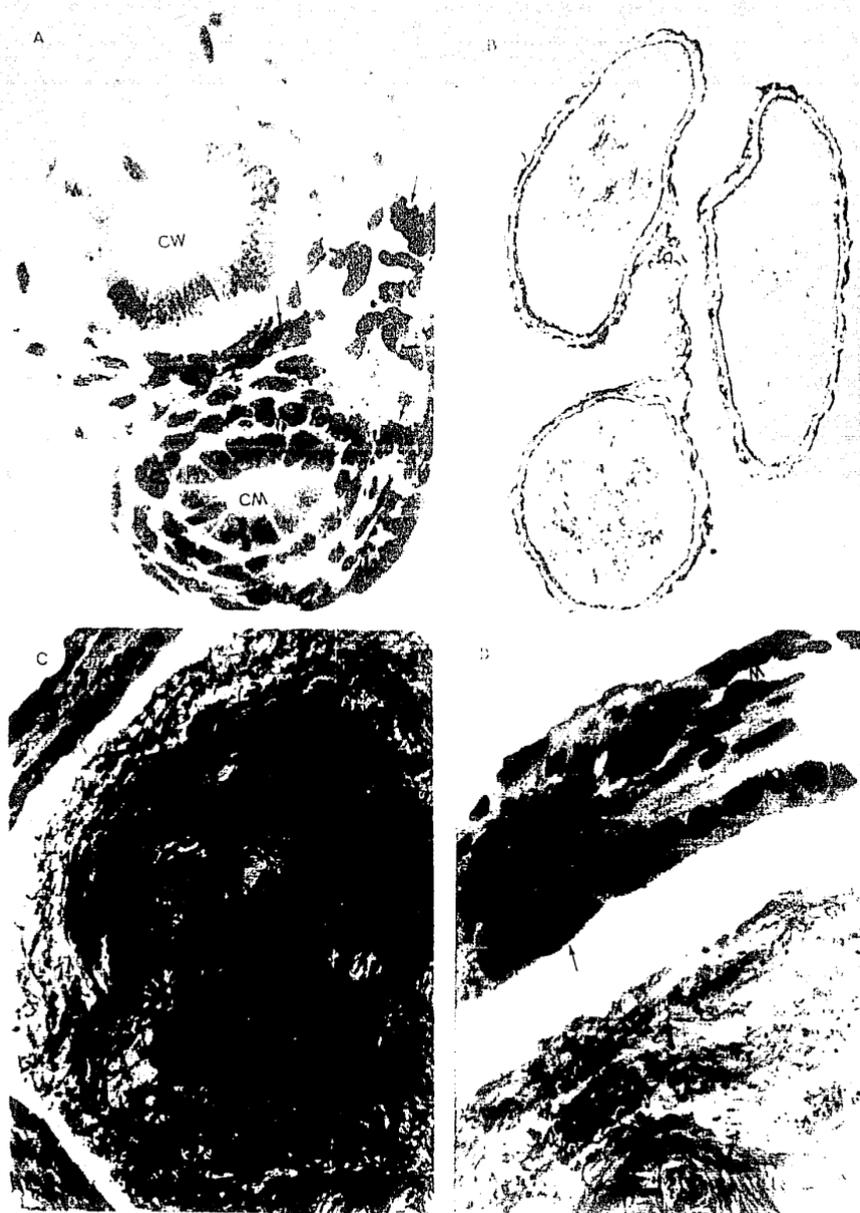
Paralelamente se localiza el conducto de Müller con una reducida luz cuyo epitelio es cúbico y regular de núcleos más densos y homogéneos circundado por varias capas de células de tejido conjuntivo y algunas fibras de distribución irregular (FIG. 15A).

La región media es la más larga y contorneada, su luz es amplia, su epitelio es cubico con células de citoplasma claro, los núcleos son redondos y densos algo grumosos alineados basalmente, sin embargo se observan también en ocasiones núcleos ovoides paralelos a la luz tubular ubicados apicalmente lo que indica que el epitelio consta de dos capas, mismas que están rodeadas de algunas fibras musculares distribuidas

**FIG. 15**

- A) Región anterior del conducto de Wolff (CW) el cual se observa paralelo al conducto rudimentario de Müller (CM). Destacan melanocitos entre el tejido conjuntivo (↓). Tricrómica de Gallego. 500X.
- B) Región media del conducto de Wolff. Presenta una luz muy amplia con espermatozoides en su interior. H-E. 32X.
- C) Detalle de la figura anterior. Entre los espermatozoides aún se observan conjuntos paralelos (↓). Los espermatozoides muestran ya una afinidad tintórea homogénea en todo su largo. H-E. 200X.
- D) Detalle de la figura 14B. Se observa el epitelio con células cúbicas de grandes núcleos basales muy densos y células apicales con núcleos alargados y paralelos a la luz (↑). Entre el tejido conjuntivo se observan vasos sanguíneos (vs) y melanocitos (M) así como núcleos de fibras musculares lisas (F). H-E. 500X.

FIG.15.- Conducto de Wolff



**FIG. 16**

- A) Región posterior del conducto de Wolff (CW) y su relación anatómica con el complejo glandular cloacal (CGC) y con el riñón (R). H-E. 32X.
- B) Conducto de Wolff que muestra su epitelio columnar alto (ep) con núcleos basales y densos muy abundantes así como núcleos de células apicales. Se observan las fibras de colágena entre el tejido conjuntivo circundante (↓). Tricrómica de Gallego. 200X.
- C) Detalle de la figura anterior. Se observa una célula esférica con núcleo excéntrico en la base del epitelio. (↑). Entre el tejido conjuntivo destacan melanocitos (M) y núcleos de fibras musculares (F). Tricrómica de Gallego. 500X.

FIG. 16.- Conducto de Wolff



circularmente a las que le sigue hacia el exterior una capa de tejido conjuntivo que contiene algunos melanocitos (FIGS. 15B, 15C y 15D). En este nivel los tubos llevan como contenido una masa irregular de espermatozoides que se caracterizan por su tinción homogénea.

En la región cloacal ubicada junto al riñón y al complejo glandular cloacal, se presenta la última región del conducto deferente (FIG. 16A) con un epitelio columnar, se observa el citoplasma con gran cantidad de gránulos de secreción (FIGS. 16B y 16C), los núcleos en su mayoría son basales están alineados de manera muy regular pero ocasionalmente se localizan algunos apicales, lo que implica que se trata de una bicapa epitelial, entre las células columnares, se observaron algunas que se diferencian claramente por su forma esférica, con gránulos gruesos e irregulares en su interior, generalmente estas células se encuentran en la porción basal del epitelio pero, en ocasiones, pueden encontrarse en su parte media (FIG. 16C).

De la misma manera que en la región anterior se observan fibras musculares, melanocitos y algunas fibras de colágena entre la capa de tejido conjuntivo que le rodea (FIGS. 16B y 16C).

### **3) COMPLEJO GLANDULAR CLOACAL (FIG. 17)**

Aledaño al riñón y a la última región del conducto deferente se localiza un conjunto de glándulas circundadas por un peritoneo. Son tubos de luz muy regular y circular de epitelio columnar cuyos límites citoplasmáticos no se distinguen (FIG. 17A). El citoplasma se caracteriza por la gran cantidad de gránulos que lleva en su interior (FIGS. 17B y 17C) y que vierten su contenido a la luz del tubo, misma que se presenta

repleta de secreción (FIGS. 17A, 17B y 17C). Cabe señalar que se observó únicamente un tipo glandular pues el aspecto de la secreción glandular del complejo es idéntica para todas. Los núcleos epiteliales son redondos, densos y granulados, ubicados en la base celular, escasamente aparecen núcleos apicales. El

epitelio esta rodeado de fibras musculares ubicadas circularmente, células de tejido conjuntivo y melanocitos (FIGS. 17A y 17C).

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

FIG. 17

- A) Glándulas del complejo glandular cloacal mostrando gran actividad secretora. Se observa gran cantidad de secreción en la luz tubular. H-E. 78X.
- B) Detalle del epitelio glandular. Las células son columnares altas con núcleos basales y abundantes gotas de secreción en su citoplasma. (↓). También se observan algunos núcleos apicales (na). H-E. 500X.
- C) Detalle del tubo glandular con células epiteliales columnares. Nótese que no se observa la misma actividad secretora para todas las células epiteliales. Se destaca un núcleo mesotelial (↓). Tricrómica de Gallego. 500X.

FIG. 17.- Glándulas



## DISCUSION

El ajolote mexicano, endémico de lagos y canales de Xochimilco, es un urodelo actualmente difícil de conseguir su número es reducido y habita en sitios de difícil acceso, como son las zonas fangosas y profundas de los canales. Por otra parte hay que mencionar que, durante la colecta de los individuos empleados para este trabajo, se encontró que la proporción de hembras con respecto a los machos es mayor ya que se utilizaron seis ejemplares de un total de veinte colectados, esto debido a que sólo ese número fueron machos.

Estos organismos no presentan dimorfismo sexual secundario evidente a pesar de lo que señala Duellman (1985), referente al abultamiento de los labios cloacales de la hembra y la diferencia en coloración externa de los machos, de modo que no fue sino hasta su disección que se reconoció el sexo al que pertenecía cada ejemplar.

En general las estructuras anatómicas que integran el aparato reproductor masculino de *Ambystoma mexicanum* son esencialmente iguales a las de *Ambystoma maculatum*, *A. opacum*, *A. texanum*, *A. tigrinum tigrinum* y *A. tigrinum diaboli*, especies estudiadas por Baker y Taylor (1964). Esta observación puede inclusive extenderse a las especies de salamánderos reportadas por Baker (1965), y coincide plenamente a lo señalado por Williams et. al en (1984), en lo que a conductos genitales se refiere.

Los tubos seminíferos que conforman el testículo en su interior, se originan a partir del acomodo periférico de las espermatogonias secundarias, las que con las células de sostén forman el epitelio germinal, el cual queda delimitado propiamente por un

contorno de células planas de tejido conjuntivo, células de Leydig y algunos vasos sanguíneos.

Los elementos celulares que participan en el proceso espermatogénético, espermatogonias primarias y secundarias, espermátocitos primarios y secundarios, espermátidas y espermatozoides, no difieren sustancialmente de lo reportado para *A. tigrinum* por Carrik (1933), para *A. mexicanum* por Miltner y Armstrong (1985) y para *A. dumerilii* por Gómez (1989), particularmente en cuanto a forma, tamaño y afinidad a los colorantes. Sin embargo, las formas irregulares que se mencionan en el presente trabajo no han sido registradas por los autores anteriores a excepción de Gómez (1989), quien las menciona para *A. dumerilii*. Hay que asentar que Gómez (1989), las encuentra escasas, no pudiéndose comparar, al menos en proporción, con lo encontrado en este trabajo para dos de los ejemplares. Dado que estas formas irregulares fueron encontradas cercanas tanto a espermátocitos como a espermatozoides, y en cada caso con alguna similitud morfológica, suponemos que pueda tratarse de células cuyo proceso de desarrollo se vió modificado por factores de tipo ambiental. Es importante señalar que, del total de ejemplares trabajados, solo dos de ellos tuvieron esta característica de modo que no hay que eliminar la posibilidad de que se trate de manifestaciones genéticas individuales.

En cuanto a la localización, la espermatogénesis, como proceso biológico que ocurre en los testículos, se confirma como longitudinal y antero-posterior, tal como lo indican Carrik (1933), Miltner y Armstrong (1985) y Gómez (1989), para *A. tigrinum*, *A. mexicanum* y *A. dumerilii* respectivamente; asimismo, hay coincidencia en la descripción del arreglo quístico de las células protagonistas del proceso, cualquiera que sea el momento en el que se encuentren.

Los quistes de espermatozoides, al interior del testículo, muestran diferente afinidad tintórea, inclusive partes de una misma célula, lo que puede indicar diferencias bioquímicas que caracterizan su grado de madurez, ya que esta característica sólo fue observada en espermatozoides localizados dentro del testículo, no así en aquéllos localizados en el interior de los conductos de Wolff.

La morfología general del espermatozoide se resume en: cabeza con acrosoma, porción del cuello y cola con flagelo (Wortham et al, 1982). Sin embargo algunas estructuras características de los espermatozoides de la familia Ambystomidae lo diferencian de manera puntual, así tenemos que, la espina acrosomial no es afilada sino redonda. En lo que a la cola se refiere, ésta se distingue, además de por la presencia de la membrana ondulante, por contar con una superficie de apariencia áspera debido a la gran cantidad de gránulos de aspecto cristalino adosados sobre su superficie. Otra estructura que parece ser importante es la gota citoplásmica, cuya ubicación pudiera ser determinante para el diagnóstico del género ya que aunque en especies de las familias Plethodontidae y Salamandridae es una estructura propia de la cola del espermatozoide, en cambio para el género *Ambystoma* ha sido observada en la región del cuello (Wortham et al, 1982). Es precisamente esta estructura la que puede corresponder, por su apariencia y ubicación, a lo que nosotros describimos como "...una prolongación aplanada del acrosoma con apariencia membranosa". Podemos asegurar que lo que nosotros observamos no corresponde a la espina del acrosoma ya que esta estructura, según afirman Wortham et al (1982), es tan pequeña que solo el examen del espermatozoide mediante el microscopio electrónico la evidenciaría. Lo que si fue evidente en nuestras observaciones fue la membrana ondulante del espermatozoide.

Las características morfológicas observadas en los tubos transversales de *A. mexicanum* coinciden con las mencionadas para *A. dumerilii* por Gómez (1989); en nuestro caso no observamos espermatozoides en la luz de estos tubos, como ocurre en *A. dumerilii*.

La característica peculiar del epitelio del conducto de Wolff de presentar eventualmente células planas apicales en su epitelio cúbico, es mencionada por Zalisco y Larsen (1988), para *Rhyacotricon olympicus*; en el caso de *Ambystoma mexicanum* se observó de manera similar. A este respecto, Gómez (1989), menciona también esta característica en su estudio de *A. dumerilii*, pero difiere con nosotros y con Zalisco y Larsen (1988) en el tipo de epitelio descrito pues para *A. dumerilii* es cilíndrico y no cúbico. También se encontró epitelio cúbico en *Eurycea licifuga* y *E. longicaudata* en el estudio de Williams et al (1984), quienes además no reportan la presencia de las mencionadas células planas apicales.

Las células observadas en el epitelio de la región caudal del conducto de Wolff señaladas como esféricas y de núcleo excéntrico, pueden corresponder a macrófagos que atraviezan el epitelio hacia la luz tubular.

El llamado tejido de sustitución que invade el testículo, concluida la espermiación, sólo es mencionado por Gómez (1989), quien lo reporta - sin abundar en detalles - como un tejido de tipo epitelial, formado por células grandes de núcleos ovoides o esféricos. Sin embargo en *A. mexicanum* este tejido muestra mayor diversidad de tipos celulares, entre los que se encuentran espermatozonias.

Las glándulas del complejo glandular cloacal de nuestra especie son de un solo tipo, esto se afirma fundamentalmente con base en el tipo de los gránulos de secreción de

su epitelio, que para todas las glándulas fueron idénticos en cuanto a forma, tamaño, abundancia y afinidad tintórea. Esto no coincide con lo que mencionan Williams et al (1984), en su estudio glandular histoquímico de *Eurycea licifuga* y *E. longicaudata*, quienes conforman una clasificación del complejo glandular cloacal de siete regiones distintas, con diferentes tipos glandulares cada uno. De las glándulas descritas por estos autores las que tienen mayor similitud pudieran corresponder a las pélvicas caudales, las cuales, según la descripción del contenido luminal, son de aspecto fibroso, cosa que no ocurre en nuestro caso, en el que el contenido es hialino y homogéneo; sin embargo, Williams et al (1984), especialmente se refieren, a diferencias histoquímicas y no morfológicas. Por su parte Gómez (1989), encontró en la zona glandular de *A. dumerilii* dos tipos de glándulas con diferente secreción cada una, de las cuales solo una de ellas pudiera ser análoga a los descritos aquí para *A. mexicanum*.

## CONCLUSIONES

El proceso espermatogénico en *Ambystoma mexicanum* se lleva a cabo en los testículo en forma longitudinal siguiendo una dirección antero posterior.

Durante la espermatogénesis el arreglo celular es de carácter quístico.

El espermatozoide presenta membrana ondulante.

Las formas irregulares observadas se presentaron abundantemente.

A partir de la espermiación en los testículos se desarrolla un tejido característico que sustituye a los tubos seminíferos.

Los tubos transversales observados son de tres diferentes tipos.

El conducto de Wolff muestra tres zonas con características histológicas que las diferencian.

## CITAS REFERIDAS

Baker, C.L. y W.W. Taylor Jr., 1964. The Urogenital System of the Male *Ambystoma*. *J. Tenn. Acad. Sci.* 39: 1-10.

Baker, C.L., 1965. The male Urogenital System of the Salamandridae. *J. Tenn. Acad. Sci.* 40:1-5.

Branca, A., 1904. Le Testicule Chez L'Axolotl en Captivite. *C. R. Seanc. Soc. Biol. Paris.* 56: 243-245.

-----, 1904. Les Premieres Stades de la Formation du Spermatozoide Chez L'Axolotl. *Arch. Zool. Exp. Gen.* 2 (4): 105-113.

-----, 1904. Transformation de la Spermatide en Spermatozoide Chez L'Axolotl. *C. R. Seanc. Soc. Biol. Paris* 56: 704-706.

-----, 1904. Cellules Interstitielles et Spermatogenese. *C. R. Seanc. Soc. Biol. Paris* 56: 350-351.

Brandon, R., 1970. Size range, Size at Maturity, and Reproduction of *Ambystoma (Bathysiredon) dumerillii* (Dugès), a Paedogenetic Mexican Salamander Endemic to Lake Pátzcuaro, Michoacán. *Copeia*. 2: 385-388.

-----, 1972. Hibridization between the Mexican Salamanders *Ambystoma dumerillii* and *Ambystoma mexicanum* under Laboratory Conditions. *Herpetologica*. 28 (3): 199-207.

Carrick, R., 1933-34. The Spermatogenesis on the Axolotl (*Ambystoma tigrinum*). *Trans. Roy. Soc. Edimburg.* 58: 63-74.

Carrillo J., 1970. *Estudio Anatómico Comparativo del Aparato Genital Masculino de Algunos Anfibios del Valle de México*. Tesis Profesional. Fac. Ciencias UNAM. México

Duellman, W. & L. Trueb., 1985. *Biology of Amphibians*. Mc. Graw Hill Book Co. USA. 670 pp.

Gayou, E., 1970. *Estudio Anatómico Comparativo del Aparato Excretor de Diversos Anfibios de México*. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. UNAM. México.

Goin, C. & Goin, O. 1971. *Introduction to Herpetology*. 2nd. Ed. W.H. Freeman & Co. USA.

Gómez, G., 1989. *Estudio Histológico del Aparato Reproductor Masculino del "achoque" (Ambystoma dumerilii, Dugés). Urodelo del Lago de Pácuaro*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Humphrey, R., 1921. The Interstitial Cells of the Urodele Testis. *Am. J. Anat* 29: 213-278.

Miltner, M. & J. Armstrong, 1983. Spermatogenesis in the Mexican Axolotl, *Ambystoma mexicanum*. *J. Exp. Zool.* 227: 255-263.

Porrúa Editores. 1986. *Diccionario Porrúa de Historia, Biografía y Geografía de México*. 5ta. Edición. V III. México.

Rodríguez E., 1969. *Espermatogénesis en Ambystoma; un estudio con los Microscopios de Luz y Electrónico*. Tesis Profesional Fac. Ciencias. UNAM. México.

Sever, D., 1974. The Occurrence of Multiple Testes in the Genus *Eurycea* (Amphibia: Plethodontidae). *Herpetologica*. 2: 187-193.

Smith, H., 1969. The Mexican Axolotl: Some Misconceptions and Problems. *BioScience*. 19:593-597.

Smith, H., & R. Smith., 1971.. *Synopsys of the Herpetofauna of México*. V I. *Analysis of the Mexican Axolotl*. Eric Lundberg Edit. USA.

Williams, A., J. Martan & R.A. Brandon, 1984. Male Genital Ducts in the Salamanders *Eurycea lucifuga* and *Eurycea longicauda*. *Herpetologica*. 40 (3):322-330.

-----, 1985. Male Cloacal Gland Complex of *Eurycea longicauda* (Amphibia: Plethodontidae). *Herpetologica*. 41 (3):272-281.

Worham, J. W. Jr., J. Murphy, J. Martan & R. Brandon, 1982. Scanning Electron Microscopy of Some Salamander Spermatozoa. *Copeia* (1): 52-60.