



245  
22

# Universidad Nacional Autónoma de México

---

Facultad de Ciencias

ESTUDIO HISTOLOGICO DEL TESTICULO, EPIDIDIMO Y  
CONDUCTO DEFERENTE EN Neotomodon alstoni alstoni.

T E S I S

Para obtener el Título de  
B I O L O G O

p r e s e n t a :

MARGARITA BELTRAN DIAZ

México, D. F.

1986



## **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.

I. <u>ANTECEDENTES.</u>	1
II. <u>OBJETIVOS.</u>	18
III. <u>MATERIAL Y METODO.</u>	19
IV. <u>RESULTADOS.</u>	21
V. <u>DISCUSION Y CONCLUSIONES.</u>	52
VI. <u>BIBLIOGRAFIA.</u>	59

## I. ANTECEDENTES.

a) Clasificación Taxonómica . . . . .	1
b) Distribución geográfica de la especie <u>Neotomodon alstoni</u> <u>alstoni</u> . . . . .	1
c) Descripción del testículo, epidídimo y conducto deferente en el aparato reproductor masculino de varias especies de roedores. . . . .	1
d) Características histológicas del testículo de algunos mamíferos. . . . .	3
e) Proceso de espermatogénesis en el ratón. . . . .	8
f) Proceso de espermiogénesis en el ratón. . . . .	10
g) Hormonas que intervienen en la espermatogénesis . . . . .	12
h) Características histológicas del epidídimo y conducto deferente en algunos mamíferos. . . . .	13

## I. ANTECEDENTES.

### a) Clasificación Taxonómica.

Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Clase	Mammalia
Subclase	Eutheria
Orden	Rodentia
Superfamilia	Muroidea
Familia	Muridae
Subfamilia	Sigmodontidae
Género	<u>Neotomodon</u>
Especie	<u>alstoni</u>
Subespecie	<u>alstoni</u>

Esta clasificación, hecha en 1984, en relación a los grados Superfamilia, Familia y Subfamilia, es la más reciente; los autores son Carlton y Musser y son citados por Williams, Ramírez Pulido y Baker (1985). Además, es interesante mencionar que en el mismo texto, Williams, Ramírez Pulido y Baker (1985) no consideran al género Neotomodon como sinónimo de Peromyscus, esta consideración está apoyada por varios estudios, especialmente anatómicos.

### b) Distribución geográfica de la especie Neotomodon alstoni alstoni.

Su habitat está restringido a una zona transvolcánica de la región central del país, debido a ello, podemos encontrar a esta especie en: la parte norte de los estados de Michoacán y de Morelos, en el estado de Tlaxcala, en la parte central de Puebla, en la región oeste de Veracruz, en el estado de México y en el Distrito Federal (González Romero, 1980; Williams y Ramírez Pulido, 1984; y Williams, Ramírez Pulido y Baker, 1985).

### c) Descripción del testículo, epididimo y conducto deferente en el aparato reproductor masculino de varias especies de roedores.

El aparato reproductor está formado por dos gónadas que son los testicu-

los cuyas funciones de formación de espermatozoides y secreción hormonal, son de suma importancia en la reproducción.

En el caso de las ratas, con una edad de 1 a 18 días, los testículos son intra-abdominales y están situados en la pared abdominal posterior, sin embargo, en una etapa más avanzada, hacia el día 30, los testículos se localizan en posición escrotal, pero fácilmente pueden regresar a la cavidad abdominal; en animales viejos tienen una posición escrotal (Lesson, 1975).

Los testículos están protegidos por una cápsula, la que a su vez está formada por tres estratos: 1) uno exterior que lo constituye la túnica vaginalis, la cual separa al testículo de las estructuras escrotales; 2) uno medio, que forma la importante túnica albugínea, a la cual se le atribuyen funciones de protección, así como su intervención en el transporte de los espermatozoides hacia el epidídimo, esto último gracias a la contracción de las células musculares que la constituyen; y 3) uno interno representado por tejido aereolar y vasos sanguíneos llamado túnica vasculosa (Monesi, 1972 y Steinberger y Steinberger, 1975).

Hacia el interior testicular se distinguen fácilmente los túbulos seminíferos y el tejido intersticial, importantes en la formación de espermatozoides y en la secreción hormonal.

Los túbulos seminíferos en el interior del testículo tienen la particularidad de formar vueltas o asas, pero, ambos extremos del tubo desembocan en una red de tubos rectos y cortos conocida como rete testis. A partir de la porción extratesticular de esta rete testis es notable la presencia de los conductos eferentes (Hamilton, 1975 y Monesi, 1972).

Inicialmente, los conductos eferentes son ligeramente circunvolucionados, pero a medida que se acercan al epidídimo aumenta esta configuración, constituyendo el cono vasculoso, éste se comunica con la parte inicial del epidídimo a través del segmento inicial, el cual es fácilmente reconocible debido a la tonalidad rojiza que posee derivada de su amplia irrigación sanguínea. Situándonos en la porción epididimal, podemos reconocerla debido a la gran cantidad de tejido adiposo que la cubre y a los túbulos circunvolucionados que la forman. La región del epidídimo se divide en 3 partes principales: la más anterior llamada región del casquete, la media o región del cuerpo y finalmente la posterior o región caudal. Las diferencias entre estas 3 regiones son mejor

comprendidas a nivel histológico (Brandes, 1974; Hamilton, 1975; y Steinberger y Steinberger, 1975).

El conducto deferente asciende desde la región caudal del epidídimo hacia la porción abdominal, siguiendo el borde posterior del testículo. Las características histológicas del conducto deferente también varían en relación a los demás conductos (Hamilton, 1975 y Steinberger y Steinberger, 1975).

#### d) Características histológicas del testículo en algunos mamíferos.

La descripción histológica del testículo se iniciará por la cápsula, para pasar posteriormente al interior testicular y describir los túbulos seminíferos y el tejido intersticial.

De manera general, en la cápsula testicular se puede apreciar la túnica albugínea como un tejido conectivo denso, con abundantes haces de fibras colágenas y algunas células dispersas; además, se encuentran paquetes de músculo liso y de fibras nerviosas, éstas últimas pueden presentarse con y sin mielina; más internamente se observan abundantes vasos sanguíneos (Lesson, 1975; y Steinberger y Steinberger, 1975).

El interior testicular.

1. Túbulos seminíferos: están constituidos por una población de células epiteliales que no se dividen, las células de Sertoli, y una población de células que se encuentran en constante proliferación, las células germinales. En estas últimas podemos apreciar diferentes tipos partiendo de la región basal del túbulo hacia la luz del mismo: espermatogonias tipo A, intermedias (In) y tipo B; espermatocitos primarios; espermatocitos secundarios; espermátidas y espermatozoides (Monesi, 1972; y Steinberger y Steinberger, 1975). Las características generales de cada tipo celular son las siguientes:

1.1. Espermatogonias: en relación a la hipótesis propuesta por Huckins en 1971 (cit. por Steinberger y Steinberger, 1975), se pueden distinguir tres categorías de espermatogonias:

a) La primera está representada por las células tronco (As) la cual se divide por mitosis de una manera azarosa; b) las espermatogonias proliferativas (Apr) que son producto de las divisiones anteriores y, de igual forma, presentan mitosis activa; y c) espermatogonias diferenciadas que son el resultado de las anteriores, distinguiéndose varias categorías: A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>IV</sub> y B. La distinción entre estas células es la progresiva acumulación de heterocromatina y la reducción del tamaño nuclear. Las espermatogonias tipo A presentan núcleo claro y membrana nuclear delgada, éstas se dividen por mitosis hasta llegar a la espermatogonia tipo B, que se caracteriza por la presencia de grumos de cromatina adheridos a la periferia nuclear. Posteriormente esta espermatogonia dará lugar a la formación del espermatozoides primario, iniciándose entonces el proceso meiótico (Monesi, 1972; y Steinberger y Steinberger, 1975).

En el epitelio seminífero, todas las variantes de espermatogonias tipo A, así como las espermatogonias tipo B, se encuentran en combinación con células germinales en diferentes fases meióticas y con espermatozoides, apreciándose un arreglo muy peculiar en el interior de túbulo. Esta disposición celular ha originado el concepto de ciclo del epitelio seminífero e indica el intervalo que transcurre entre dos apariciones sucesivas de la misma fase de desarrollo. Este ciclo se compone de varios estadios y el número de ellos varía de acuerdo con la especie, por lo cual consideraremos el ciclo del ratón, compuesto de XIV estadios (Leblond y Clermont, 1952; y Monesi, 1972). Una explicación más amplia de esto se dará al tratar el proceso de espermatogénesis, en el inciso e), también se ilustra en la Tabla I y en el Diagrama I.

1.2. Espermatozoides primarios: en el estadio preleptóteno de la profase I de la meiosis, estas células tienen un tamaño aproximado de 7.5  $\mu$  a 8.2  $\mu$ . La presencia de una red de delgados filamentos cromosómicos en el núcleo caracterizan al estado leptóteno, así como un completo apareamiento de los cromosomas marcan el estado cigóteno; en la fase paquítena es posible observar un aumento notable del tamaño de la célula, en relación a esta fase, se pueden hacer apreciaciones en cuanto a una fase paquítena temprana, en donde la célula no ha alcanzado su tamaño máximo, pero, el núcleo muestra marcados conglomerados distribuidos uniformemente, indicando ya la evidencia de grupos de filamentos dobles, que se definirán aún más en la fase paquítena tardía (Bellvé, Cavicchia, Millette, O'Brien, Bhatnagar y Dym, 1977).



En relación a las fases diplóteno y diacinesis, la complejidad de su distinción aumenta debido a la similitud en la disposición de la cromatina, aunque las variantes en el tamaño de la célula puede contribuir a su identificación, los cromosomas muestran quiasmas y el tamaño celular aumenta ligeramente en la medida en que el proceso meiótico avanza (Leblond y Clermont, 1952).

Se pueden apreciar metafases, anafases y telofases, con cierta facilidad en este tipo celular, en base a la disposición de la cromatina. Esta primera división de la meiosis, que ocurre en los espermatocitos primarios, conduce a la formación de espermatocitos secundarios.

1.3. Espermatocitos secundarios: la apreciación de estas células se dificulta debido a la rapidez de esta etapa del proceso meiótico. Es interesante mencionar que, para su observación, debe relacionarse con espermatocitos primarios en momentos finales de su división y con una localización cercana al lumen del túbulo seminífero. En los espermatocitos secundarios se lleva a cabo la segunda división de la meiosis, para dar lugar a la formación de espermatidas con un número cromosómico haploide (Leblond y Clermont, 1952; y Bellvé, Cavicchia, Millette, O'Brien, Bhatnagar y Dym, 1977 ).

1.4. Espermátidas: se derivan de la división de los espermatocitos secundarios dando lugar, en un inicio, a espermátidas tempranas, las cuales presentan un núcleo esférico, pequeño de  $5 \mu$  a  $6 \mu$  de diámetro y con cromatina condensada. Los cambios principales que ocurren en estas células son: la elongación y condensación del núcleo, así como la adquisición de nuevas características morfológicas y fisiológicas presentes en el espermatozoide. (Leblond y Clermont, 1952; y Monesi, 1972). Todos estos cambios forman parte del proceso de espermiogénesis que serán desarrollados en el inciso f).

1.5. Espermatozoides: son las células sexuales masculinas las cuales presentan movimiento propio y varias regiones de importancia en su morfología. En relación a lo anterior, un espermatozoide está formado por una cabeza y un flagelo; a su vez, la cabeza está formada por el núcleo y el acrosoma y el flagelo por el cuello, la pieza media, el anillo, la pieza principal y la pieza terminal

### *la pieza terminal*

*El núcleo de los espermatozoides en mamíferos es pequeño, aplanado y con la cromatina muy compacta, presenta una cantidad haploide de DNA y carece de organelos citoplásmicos como son: ribosomas, nucléolo, retículo endoplásmico y aparato de Golgi (Monesi, 1972; y Phillips, 1975).*

*El acrosoma cubre a la cabeza, es decir rodea al núcleo en su parte anterior y se le considera como un gran gránulo de secreción con forma de copa, cuya función es muy importante en el momento de la fecundación. El acrosoma puede adoptar diferentes formas dependiendo de la especie, así tenemos como ejemplos, que en los ratones adquiere forma de gancho y en el hombre es piri-forme (Fawcett, 1975; y Phillips, 1975).*

*El cuello del espermatozoide se encuentra justo en la parte posterior del núcleo, en él podemos encontrar la gota citoplásmica que acompaña a los espermatozoides al dejar el testículo. En referencia a la pieza media es muy notoria por su espesor en relación a las otras partes que incluyen al flagelo, esto se debe a que, además de presentar las nueve fibras densas que rodean al flagelo, éstas a su vez, están rodeadas por las mitocondrias en disposición helicoidal. En el extremo posterior de la pieza media se encuentra el anulus o anillo, que es una estructura fibrosa en forma de anillo y que marca el inicio de la pieza principal (Monesi, 1972; Fawcett, 1975; y Phillips, 1975).*

*La pieza principal se extiende a partir del anillo e incluye al flagelo, el cual está rodeado por 7 fibras densas de las 9 que se encontraban en la pieza media y, alrededor de éstas, rodea una vaina fibrosa cilíndrica que queda bajo la membrana plasmática. Tanto las fibras densas como la vaina fibrosa se desvanecen y terminan al final de esta pieza principal (Phillips, 1975). La pieza terminal la constituye únicamente el flagelo con su configuración axial de 9 + 2.*

*1.6. Células de Sertoli: constituyen los elementos somáticos del epitelio seminífero, son células complejas en estructura y función. Se les ha atribuido una serie de actividades que están en relación con las células germinales como son las siguientes:*

a) una función de transporte, conduciendo a las células germinales basales hacia el lumen en sus etapas de diferenciación (Monesi, 1972; Fawcett, 1975; Steinberger y Steinberger, 1975; y Hodgson, Irby, Kerr y Kretser, 1979); b) una función en el proceso de liberación del espermatozoide formado, dependiendo de los movimientos internos de la célula (Elftman, 1963; Monesi, 1972; Fawcett, 1975; Steinberger y Steinberger, 1975; y Hodgson, Irby, Kerr y Kretser, 1979); c) una función digestiva, es decir, actúan sobre las células germinales que degeneran, así como en el citoplasma residual del espermatozoide (Monesi, 1972; Fawcett, 1975; y Steinberg y Steinberg, 1975); d) una función esteroidogénica, importante en la producción de testosterona que es vital en la maduración de las espermatogonias y una importante función en la síntesis de la proteína ABP que determina el ambiente hormonal al interior del tubo seminífero (Baird, 1972; y Fawcett, 1975).

Las células de Sertoli presentan un núcleo oval o piramidal con respecto a la lámina basal del tubo seminífero. En el núcleo es fácil apreciar un complejo tripartita, en el que únicamente la porción central es el nucléolo y las dos estructuras laterales constituyen los cuerpos heteropicnóticos formados por heterocromatina, esto no es regla para todas las especies (Fawcett, 1975). En el citoplasma es posible encontrar una serie de organelos y estructuras típicas de estas células y que están en relación a su funcionalidad, entre ellas se encuentran: retículo endoplásmico liso, aparato de Golgi, mitocondrias delgadas, lisosomas, vacuolas, gránulos de pigmento lipofuscínico y cantidades variables de gotas de lípidos (Fawcett, 1975; y Hodgson, Irby, Kerr y Kretser, 1979).

Una característica importante es la presencia de uniones especializadas, célula-célula, entre las células de Sertoli, cerca de la base del epitelio que constituyen un componente fundamental en la barrera hemato-testicular. Estas uniones dividen el interior del túbulo seminífero en 2 compartimentos: uno basal en el que se encuentran espermatogonias y uno adluminal que alberga espermatoцитos y espermátidas. A la vez, la capacidad de secreción hormonal de las células de Sertoli, produce una concentración hormonal 15 veces mayor en el estrato adluminal en relación al basal, lo que sitúa a las células germinales en condiciones muy distintas cuando pasan de un estrato a otro. Los diferentes medios en que se encuentran las células germinales en cada compar-

timento contribuyen al proceso de espermatogénesis, es decir, estos diferentes microambientes tienen un efecto inductor de la meiosis, por lo cual, los espermatoцитos entran en la larga profase de la división meiótica, al tiempo que pasan del compartimento basal al adluminal (Fawcett, 1975; y Setchell y Waites, 1975).

2. Tejido intersticial: en la mayoría de los mamíferos, el tejido intersticial que rodea a los túbulos seminíferos, está formado principalmente por 3 capas concéntricas: una interna formada por células mioideas, que son probablemente las responsables de la actividad contáctil de los túbulos; una capa media de fibras de colágena y elastina, con fibroblastos y nervios y una capa exterior con vasos sanguíneos y linfáticos y abundantes células de Leydig (Monesi, 1972; Christensen, 1975; y Setchell y Waites, 1975).

2.1. Células de Leydig: producen la mayor cantidad de andrógenos como efecto de la LH, los cuales son necesarios en la espermatogénesis, en el desarrollo del tracto reproductor masculino y en la formación y mantenimiento de los caracteres sexuales secundarios (Baird, 1972; y Christensen, 1975).

Las células de Leydig tienen formas comunes para todos los vertebrados y muestran características típicas de células secretoras. Su núcleo es oval o redondo con eucromatina en la parte central y heterocromatina en la periferia; presentan gran cantidad de retículo endoplásmico liso y menos rugoso; el aparato de Golgi está bien desarrollado; contienen gránulos de lípidos, lisosomas, gránulos lipofucsínicos y peroxisomas (Christensen, 1975; y Fawcett, 1975).

#### e) Proceso de espermatogénesis en el ratón.

En el interior testicular todos los túbulos seminíferos se encuentran en diferentes estados de desarrollo. Esto se observa con microscopio de luz y con técnicas de tinción específicas, las cuales remarquen las cabezas de los espermatozoides, distinguiéndose como ciertos túbulos presentan células maduras y otros, en cambio, solo inicios de su formación.

Los espermatozoides y las espermátidas se encuentran organizados en el

epitelio seminífero en asociaciones definidas con espermatogonias y espermatoцитos. En base a lo anterior, se ha denominado ciclo del epitelio seminífero a toda la serie de cambios que ocurren en un área del epitelio, entre dos apariciones sucesivas de la misma asociación celular (Leblond y Clermont, 1952; y Monesi, 1972).

Considerando el proceso de maduración de una espermátida a espermatozoide (espermiogénesis), se ha dividido al ciclo en varios estadios, número que puede variar dependiendo de la especie. Debido a que se aprecian 14 estadios bien caracterizados, con asociaciones celulares específicas en cada uno de ellos, se ha dividido el ciclo del epitelio seminífero del ratón en XIV estadios (Leblond y Clermont, 1952).

Para un mejor entendimiento de todas las asociaciones celulares que caracterizan un ciclo en el caso del ratón, obsérvese la Tabla I y el Diagrama I que indican todas estas relaciones, tomados de Leblond y Clermont, 1952.

Para el caso del ratón, el desarrollo de una espermátida, comprende 19 estados, durante los cuales es posible apreciar cambios notables en las asociaciones celulares del túbulo, observándose que en los primeros 8, el epitelio seminífero muestra la presencia de espermátidas jóvenes, las cuales están relacionadas con una generación de espermátidas viejas, es decir, en las últimas fases de su desarrollo. En los siguientes estados, sólo se podrán apreciar la población de espermátidas jóvenes en un cambio progresivo, ya que las espermátidas viejas convertidas en espermatozoides han dejado el interior testicular.

Para identificar los estadios del ciclo del túbulo seminífero, se utilizan números romanos a diferencia de los que componen el proceso de espermiogénesis, en donde, se representan con números arábigos, sin embargo, al hacer mención de cualquiera de ellos, se infiere que se encontrarán espermátidas en el proceso de maduración que el estadio indique.

Es también de interés mencionar: la presencia de picos mitóticos espermatogoniales en los estadios I, IV, VI, IX y XII, aclarando que en los picos I, IX y XII existe división de espermatogonias tipo A y que a partir del pico

I, se producen 2 tipos de espermatogonias: unas pocas células características tipo A y un número de células transicionales cambiando gradualmente de A a B. En el pico mitótico IV se producen espermatogonias B y en el VI se originan espermatoцитos primarios jóvenes.

Las pocas espermatogonias tipo A con núcleo claro, prevalecen en los estadios VII y VIII y comienzan a dividirse iniciado el IX.

La característica de los estadios VII y VIII concuerdan con la liberación de los espermatozoides; además de la trascendencia del estadio XIV en donde se representan fases de división meiótica para el espermatoцитo primario, aparición de espermatoцитos secundarios y división de éstos para formar espermátidas que iniciarán un nuevo ciclo.

Los núcleos de las células de Sertoli también muestran cambios importantes en relación a las células germinales, observándose que en los primeros VII estadios, la forma tiende a ser más globulosa y paralela a la lámina basal; y cerca ya del VIII los núcleos cambian a una forma perpendicular con respecto a la lámina basal. Lo anterior se atribuye a la cantidad de células que se encuentran en el interior testicular, es decir, momentos antes de la liberación de los espermatozoides. El número de tipos nucleares paralelo y perpendicular varía a lo largo del ciclo.

#### f) Proceso de espermiogénesis en el ratón.

La espermiogénesis es el proceso que trae como consecuencia una serie de cambios en la espermátida, para finalmente convertirse en un espermatozoi-de. En este proceso se diferencian estructuras específicas como el acrosoma y el flagelo.

Leblond y Clermont (1952), consideran el análisis de la espermiogénesis del ratón constituida por 19 estados, incluidos en 4 fases principales, cada fase con características propias: fase Golgi, fase de casquete o capuchón, fase acrosómica y fase de maduración:

Fase Golgi: constituida por 3 estados (1, 2 y 3). En esta fase se apre-

cion inicialmente gránulos a nivel del aparato de Golgi que son llamados pro-acrosómicos. Más tarde estos gránulos se unen para formar uno solo que es el gránulo acrosómico, el cual se adhiere al polo anterior del núcleo. En el citoplasma se encuentran: mitocondrias, distribuidas hacia la periferia celular; un cuerpo cromatoide que es una masa irregular basofílica; y dos centriolos que no están unidos al núcleo, originándose de uno de ellos, el flagelo, protegido por una membrana plasmática y dirigido hacia el exterior celular (Leblond y Clermont, 1952; y Monesi, 1972).

Fase de Casquete: constituida por 4 estados (4, 5, 6 y 7). En esta fase el gránulo acrosómico formado anteriormente, se aplasta sobre el núcleo formando un casquete que llega a cubrir la mitad o las 2/3 partes del mismo. El casquete alcanza su máximo tamaño en el estado 7, con una orientación azarosa en relación a la lámina basal del epitelio seminífero. Con respecto a los centriolos, éstos se acercan más al núcleo hasta ocupar la posición posterior, en relación al gránulo acrosómico, uno de ellos, el distal, sirve de base al flagelo. Este último constituido por un arreglo filamentososo axial  $9 + 2$ . El cuerpo cromatoide flota libremente en el citoplasma (Leblond y Clermont, 1972).

Fase Acrosómica: constituida por 7 estados (del 8 al 14). Es la fase más larga de toda la espermiogénesis y donde se observan más cambios a nivel del núcleo, acrosoma y flagelo. El núcleo ahora se elonga y se aplana, mientras que su cromatina se condensa. El acrosoma también va a ir cambiando de forma y orientación en relación al núcleo, es decir, se orienta hacia la lámina basal del tubo seminífero durante el transcurso de los 7 estados. El flagelo se encuentra rodeado, en la parte inicial, por el citoplasma, el cual se ha elongado, y por una estructura denominada anillo o centriolo anular, resultado de la aproximación del cuerpo cromatoide hacia el centriolo distal. Las mitocondrias rodean a la primera porción del flagelo, para más tarde dar lugar a la formación de la vaina mitocondrial. Es característico de esta fase la presencia de una estructura llamada manguito (Monesi, 1972), formada por los microtúbulos citoplásmicos y que parece adherirse al núcleo y a la parte inicial del flagelo. Todos los cambios que esta fase presenta son notables en su importancia, aunque la observación de las modificaciones que va sufriendo el acrosoma, sitúan con mayor claridad cada estado.

Fase de Maduración: constituida por 5 estados (del 15 al 19). En esta fase se completa la transformación del núcleo y del acrosoma, existiendo variación de formas de acuerdo a la especie, en la rata y en el ratón los espermatozoides presentan forma de hoz. A nivel del núcleo se observa una gran condensación y en relación al flagelo los cambios son múltiples: el anillo que se encontraba en el segmento inicial, ahora se desplaza a cierta distancia del centriolo proximal, delimitando la zona que corresponderá a la parte media y a la principal. Se forman 9 fibras que rodean al flagelo y que además constituyen una pared que conecta con el cuello. Estas fibras no se prolongan hasta la región terminal del flagelo.

Las mitocondrias se disponen en espiral formando la vaina mitocondrial, mientras que a nivel de la pieza principal se forma una vaina fibrosa que a su vez rodea a las fibras densas. El manguito formado en la fase anterior aquí no está presente.

El citoplasma que se había elongado, tiende a acumularse en la cabeza, dando lugar al llamado cuerpo residual de Regaud. Este citoplasma residual quedará dentro del epitelio seminífero en el momento en que los espermatozoides son liberados, sin embargo, una pequeña reminiscencia quedará con ellos constituyendo la gota residual, que se liberará en el epidídimo (Leblond y Clermont, 1952; y Monesi, 1972).

#### g) Hormonas que intervienen en la espermatogénesis.

Los testículos son órganos cuyo funcionamiento responde a estímulos endocrinos y, a su vez, también secreta hormonas que son vertidas al torrente sanguíneo con efectos fundamentales en la fisiología del aparato reproductor. Es decir, los testículos son órganos que requieren para su funcionamiento de estímulos hormonales establecidos mediante una acción del hipotálamo hacia la hipófisis a través de los factores de liberación (GnRH), que permitirán que la hipófisis, a su vez, libere las gonadotropinas (FSH y LH), ambas hormonas son glucoproteínas de pesos moleculares de alrededor de 300,000. Como respuesta este estímulo, los testículos producen hormonas esteroideas.

En relación a la FSH su funcionalidad reside en estimular el desarrollo



de los túbulos seminíferos; tiene un efecto sobre las células de Sertoli, ya que ejerce un control para la producción de la proteína ABP, importante para el mantenimiento de una alta concentración de andrógenos al interior de los túbulos seminíferos (Baird, 1972; Christensen, 1975; Fawcett, 1975; y Setchell y Waites, 1975).

La LH estimula la síntesis en la secreción de testosterona en las células de Leydig. En estas células, se produce una activación de la enzima adenilciclasa, responsable de la producción de AMP cíclico, indispensable en la propagación del efecto hormonal. Los ácidos grasos constituyen el principal iniciador de la biosíntesis de la testosterona a través de una vía metabólica que incluye la formación de colesterol a partir de acetato; para dar lugar a la formación de pregnenolona, la cual a su vez, será metabolizada para formar testosterona. Esta hormona es el andrógeno más abundante, existiendo un complicado mecanismo de retroalimentación con la hipófisis. Las acciones biológicas de la testosterona y otros andrógenos son múltiples y dentro de las respuestas se encuentran: la diferenciación y maduración de los conductos de Wolff, formaciones glandulares, genitales externos y características sexuales secundarias, producir una conducta masculina, además de facilitar la libido y la potencia sexual (Baird, 1972; Christensen, 1975; Fawcett, 1975 y Setchell y Waites, 1975).

Para que este complejo equilibrio hormonal funcione se requiere que todos los elementos que intervienen en él, funcionen adecuadamente y, ante la alteración de cualquiera de ellos, se da la alteración del conjunto de este equilibrio hormonal.

#### h) Características histológicas del epidídimo y conducto deferente en algunos mamíferos.

Los espermatozoides formados en el testículo necesitan circular y completar su maduración, esto se da a través de su paso por una serie de conductos. Los primeros de ellos situados fuera del testículo son los conductos eferentes, posteriormente los conductos que forman el epidídimo comenzando con la región del segmento inicial, después las regiones de la cabeza, el cuerpo y la caudal; posteriormente se encuentra el conducto deferente.

1. Conductos eferentes: el conjunto de los tipos celulares, con distintas alturas y formas del epitelio de estos conductos, ocasiona que se identifique por una luz irregular o estrellada. El epitelio muestra los siguientes tipos celulares: a) células principales, las cuales llegan a medir de  $15 \mu$  a  $35 \mu$ , presentan formas irregular, el núcleo es regular y el citoplasma contiene gránulos densos; b) células ciliadas, con el núcleo localizado hacia la superficie luminal del epitelio y más pequeño que el de las células principales y como su nombre lo indica, presentan cilios. Es importante aclarar que no se presentan células basales, características del epididimo (Hamilton, 1975).

2. Epididimo: formado por una serie de conductos que comprenden las siguientes partes:

2.1. Segmento inicial: el epitelio muestra varios tipos celulares: a) células principales, lo primero que se advierte en ellas es que han alcanzado una altura de  $60 \mu$  aproximadamente, se caracterizan por presentar un núcleo pequeño en posición basal y largas microvellosidades; b) células basales, con el núcleo orientado paralelamente hacia la pared del conducto y el citoplasma de aspecto claro; c) células apicales, las cuales son representativas del segmento inicial y reconocibles por su núcleo en posición luminal y porque presentan menos desarrollo de las microvellosidades con respecto a la célula principal (Brandes, 1974; y Hamilton, 1975). En rata, Sun y Flickinger (1980), han observado a nivel del epitelio de esta región, además de las células apicales mencionadas, otro tipo celular también situado en posición apical, denominadas células delgadas, cuyas características son: una base ancha hacia la lámina basal, a diferencia de la célula apical que parece no alcanzarla, un núcleo mucho más denso y también situado apicalmente; se le atribuyen funciones de absorción y secreción.

2.2 Regiones de la cabeza, cuerpo y cauda del epididimo: después del segmento inicial, el epitelio del epididimo parece mostrar una uniformidad en sus 3 regiones, esto se debe a que solo se presentan ligeras variaciones en el tamaño celular y a que solo existe cierta aparición de nuevas formas citológicas que pueden indicar variaciones en su funcionamiento (Brandes, 1974; y Hamilton, 1975).

Comenzando por las regiones de la cabeza y el cuerpo del epididimo, el núcleo de las células principales es mayor con respecto al núcleo de las que se encuentran en la región caudal; el tamaño de estas células principales va disminuyendo desde la región del cuerpo, es decir, las células pasan a ser más cuboidales que cilíndricas y las microvellosidades se hacen cada vez más cortas, adquiriendo una forma similar a borde en cepillo (Brandes, 1974; y Hamilton, 1975).

En relación a las células basales son más comunes en la región caudal que en las dos regiones anteriores. En esta misma localización caudal, se presenta un nuevo tipo celular conocido como célula clara, la cual se caracteriza por una acumulación de gotas lipídicas en la base celular, mientras que en la parte apical se encuentran cuerpos densos parecidos a lisosomas. Existen pequeñas microvellosidades en su superficie (Hamilton, 1975).

El intersticio celular entre los conductos eferentes y los conductos del epididimo muestran, en principio en los conductos eferentes y el segmento inicial, de 2 a 3 estratos de células musculares lisas rodeando a los tubos pero, a medida que se avanza de nivel en el epididimo, el estrato muscular se incrementa y es posible encontrar entre las células de músculo liso, fibroblastos, capilares, pequeños nervios y otras células del estroma (Hamilton, 1975).

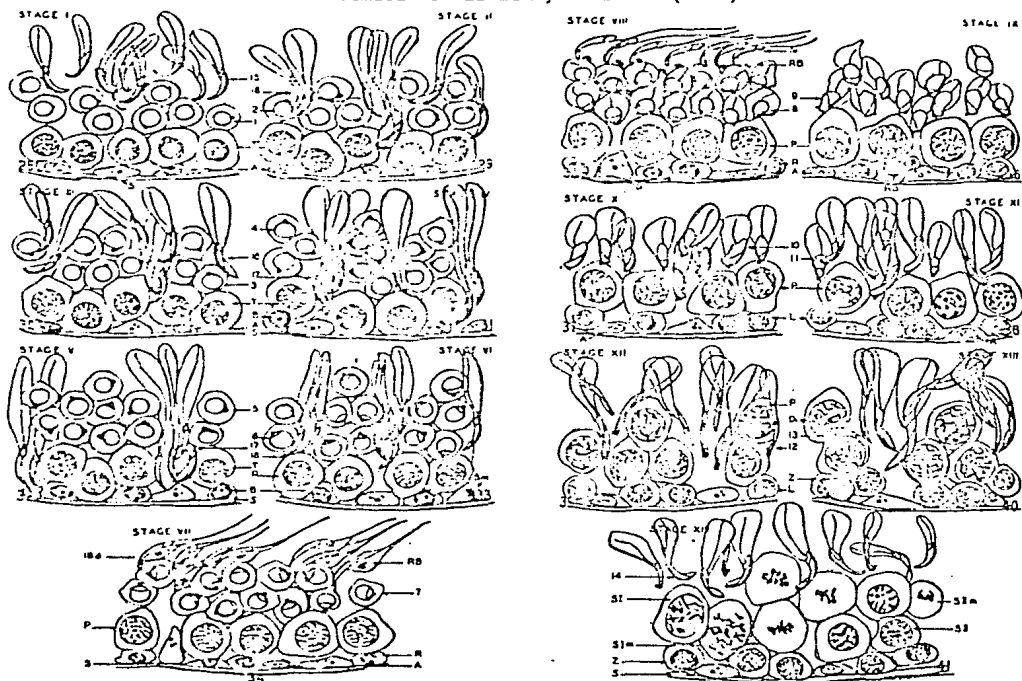
3. Conductos deferentes: en el epitelio se observa que las células claras se pierden, las células principales incrementan su tamaño y poseen un núcleo que es irregular y existen microvellosidades en su superficie luminal (Brandes, 1974; y Hamilton, 1975).

Un nuevo tipo celular aparece, conocido como células "lápiz", localizadas hacia la superficie luminal y caracterizándose por presentar forma de copa, heterocromatina y un núcleo lobulado. Al respecto, las observaciones que se han hecho en conducto deferente humano, indican que se trata de una célula degenerada (Hamilton, 1975).

En este nivel se encuentra una gran cantidad de músculo liso rodeando al conducto (Hamilton, 1975). La forma de la luz varía en las diversas especies es irregular por prolongaciones de la mucosa o circular como en ratas (Hamilton, 1975).

Diagrama I. XIV Estadios del Ciclo del Epitelio Seminífero en Rata.

Tomado de: Leblon y Clermont (1952).



S: núcleo de célula de Sertoli  
A: espermatogonia A  
B: espermatogonia B  
Bm: mitosis en espermatogonia B  
L: leptótено  
Z: cigótено  
T: paquíteno temprano

P: paquíteno  
Di: diplótено y diacinesis  
SI: espermatocito secundario  
RB: citoplasma residual  
1-19: fases de espermiogénesis

TABLA I.

Los XIV estadios del Ciclo del Epitelio Seminifero en rata y sus asociaciones celulares características

Etapa del Ciclo		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
Espermatogonia (A = tipo A B = tipo B In = tipo intermedio)										A	A	A	A	A	A
		A	A	A	AB	AB	AB	A	A						
		In	In	In	In										
Espermatocito I (R = reposo L = Leptóteno Z = Cigóteno T = Forma de transición P = Paquitena DI = Diplótena y Diacinesis M = Metafase)	1ª capa							R	R	RL	L	L	L	Z	ZT
	2ª capa							P	P	P	P	P	P, DI	DI	M
Espermatocito II (S)															S SM
1ª capa de Espermatidas	Fase	Fase Golgi			Fase de casquete				Fase Acrosómica						
	Estado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2ª capa de Espermatidas	Fase	Fase de Maduración													
	Estado	15	16	16	17	17	18	19							

Tomado de: Leblond y Clermont (1952).

Lista de células de la membrana basal al centro del tútulo seminifero.

II. OBJETIVOS.

1. Realizar una descripción histológica del testículo, epididimo y conducto deferente, pertenecientes al ratón de la especie mexicana Neotomodon alstoni alstoni, en la fase adulta de su desarrollo.
2. Crear diferentes expectativas para continuar el estudio histológico, así como el fisiológico, del aparato reproductor masculino de esta especie y extenderlo hacia otras especies.

### III. MATERIAL Y METODO.

Se utilizaron cinco ratones machos adultos de la especie Neotomodon alstoni alstoni, los cuales fueron capturados en la localidad de Parres, D.F.

Los ejemplares se pesaron existiendo ligeras variaciones en su peso: desde 41.3 gr. hasta 47.2 gr. pasando por medidas intermedias de 42.5 gr., 44.5 gr. y 45.3 gr.

Al efectuarse las disecciones se realizaron esquemas y se tomaron fotografías del aparato reproductor, tomando medidas de los testículos e indicando la incisión de corte sobre los mismos. Esto último se hizo con el propósito de que el fijador, alcoholes y demás sustancias empleadas pudieran penetrar con mayor facilidad, ya que de otra forma la túnica albugínea lo dificultaría. (Ver Esquema No. 1).

El fijador empleado fué formol al 10%, con un tiempo mínimo de 24 hs., con ayuda de un bisturí se aisló al testículo del epidídimo y del conducto deferente y se prosiguió la técnica histológica, la cual fué en forma idéntica para todos los órganos.

Fué indistinto el testículo con el cual se trabajó en cada uno de los cinco aparatos, es decir, no se consideró que todos fueran derechos o todos izquierdos y se utilizó el epidídimo y el conducto deferente correspondientes al testículo procesado.

Después de la fijación, los órganos se lavaron en agua corriente, cada uno, alrededor de 1 hora, siguiendo con el proceso de deshidratación para el cual se utilizaron alcoholes graduales de 50%, 60%, 70%, 80%, 96% y 100%, con un lapso de 45 min. en cada uno. El siguiente paso fué introducir en xilol, también por 45 min. y en aceite de cedro durante 24 hs.

Se incluyó en parafina, en donde hubo que considerar 3 cambios, cada uno con un tiempo de 45 min., para los cuales se utilizó parafina con punto de fusión de 56°. En el primer cambio se utilizó una mezcla de xilol-parafina en una proporción 1:1, mientras que los otros 2 cambios fueron hechos solo con parafina.

Después de la inclusión se realizaron cortes seriados de los bloques con ayuda de un microtomo tipo Minot a un grosor de  $9\ \mu$  en todos los casos.

Una vez cortado el órgano, los cortes se tiñeron utilizando dos técnicas de tinción: Hematoxilina-Eosina y la Tricrómica de Masson (Estrada, Peralta y Rivas, 1982) además de una impregnación argéntica, con inclusión en parafina que es una adaptación al método antiguo de Cajal de 1904 (Ramón y Cajal y De Castro, 1972).

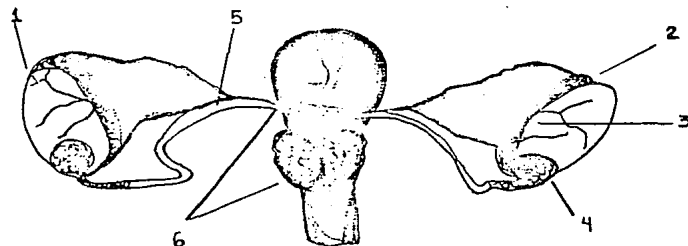
Tanto testículos como epidídimo y conducto deferente requirieron las mismas técnicas de tinción, pero con modalidades propias para cada tejido en relación al tiempo dispuesto para cada colorante. Con respecto a esto, en el caso de la técnica tricrómica de Masson, existió problema con el colorante azul de anilina al cual se le dió un tiempo de 9 min. y medio para todas las laminillas, eliminando por completo el lavado en agua acética posterior a este paso.

En la técnica de hematoxilina-eosina también existieron variaciones de tiempo en los colorantes empleados, así tenemos que para la hematoxilina se requirió de un tiempo promedio de 40 seg., y para la eosina un promedio de 23 seg. Estas fluctuaciones dependieron del tipo de tejido con el cual se trabajó, considerando además la edad de los colorantes empleados.

Ya teñidas, las preparaciones se montaron procediendo a la observación en el Fotomicroscopio Zeiss III. Finalmente se tomaron fotografías utilizando el rollo Kodak 135, 100 ASA.

Esquema No. 1. Aparato Reprodutor Masculino de *N. a. alstoni*.

1. Testículo
- Regiones del epidídimo
2. Cabeza
3. Cuerpo
4. Cauda
5. Conducto deferente
6. Glándulas y vejiga





#### IV. RESULTADOS.

Para una mejor comprensión de los resultados, primeramente se hablará de la histología testicular (Figs. 1 a 13 y Diagramas II y III) y en seguida de la que constituyen todos los túbulos extratesticulares con imágenes panorámicas (Figs. 14, 15, 30, 31 y Diagrama IV). En relación a lo anterior se iniciará a nivel de los conductos eferentes (Figs. 16 y 17); seguido de la porción del segmento inicial del epididimo (Fig. 17); de las regiones de la cabeza, cuerpo y cauda del mismo (Fgs. 19 a 29 y Diagrama V) y finalmente con el conducto deferente (Figs. 32 y 33).

##### Testículo.

En el interior testicular se muestra un arreglo muy peculiar que se debe principalmente, a la disposición de los túbulos seminíferos y del tejido intersticial. En estos túbulos, no es posible encontrar una sincronía en el proceso de maduración de las células germinales, es decir, que existen etapas específicamente definidas para cada uno de ellos (Figs. 1 y 2).

Cada túbulo seminífero se encuentra delimitado por una lámina basal (lb), la cual se encuentra relacionada externamente con varios elementos intersticiales, como las células de Leydig (nL); e internamente con células germinales en estados meióticos tempranos y con células de Sertoli (Figs. 3 y 13 y Diagramas II y III).

Los elementos celulares que pueden distinguirse en el interior de algunos túbulos seminíferos son principalmente: células con cromatina muy condensada en una localización cercana a la lámina basal, que representan a las espermatogonias y, otras un poco mayores pero con características semejantes, que representan a los espermatocitos primarios (Ep) en diferentes fases meióticas. A este nivel también existen núcleos claros, alargados y con un nucléolo; correspondientes a las células de Sertoli (nS) (Fig. 2).

Hacia la parte media se observan espermátidas (Esp) en varias etapas de maduración para finalmente convertirse en espermatozoides (Figs. 1 y 2). Estas

células sexuales cuya madurez se completará por su paso a través del epididimo, tienden a acumularse en la parte central del túbulo con una orientación precisa de la cabeza y el flagelo (Figs. 1, 2 y 4).

Debido a que el epitelio seminífero presenta un ciclo que se basa en la serie de cambios (estadios) que ocurren en el interior tubular y que están presentes entre dos sucesivas apariciones de la misma asociación celular, es muy factible encontrar diferentes estadios en un corte de testículo. En base a ello, se han observado a gran aumento, una serie de túbulos seminíferos para apreciar con claridad todos los elementos celulares que caracterizan a diferentes estadios del ciclo. Esto último se identificó tomando como referencia la Tabla I y el Diagrama I (Leblond y Clermont, 1952).

Estadio V-VI (Fig. 5): Comenzando de la parte basal hacia la luminal se distinguen: células grandes de forma globosa y con cromatina homogéneamente distribuida, representando a las espermatogonias tipo A (A); también se observan células de tamaño un poco menor, con cromatina ligeramente concentrada en la periferia del núcleo, caracterizando a las espermatogonias tipo B (B).

Se encuentran células grandes en cuyo núcleo, la cromatina se tiñe intensamente dando la apariencia de pequeños paquetes cortos, que señalan a los espermatocitos primarios (Ep). Una célula clara y alargada representa un núcleo de célula de Sertoli (nS) con su respectivo nucléolo.

En la parte central del túbulo existen células con un núcleo de menor tamaño en relación a los anteriores, en donde es posible distinguir un punto orientado al azul, en algunos de ellos, una ligera línea que parte de este punto y se prolonga hacia la periferia ayuda a deducir que son espermatidas (Esp) en una fase inicial a la formación del casquete, con su respectivo gránulo acrosómico.

Las espermatidas en un estado de madurez avanzado se encuentra hacia la luz o en la parte media del túbulo, con una cabeza en forma triangular que no es tan afilada (Ez).

Estadio VII (Fig. 6): Nuevamente el orden en que se describirán las estructuras celulares será de la parte basal hacia la luz.

Se observan: núcleos con una cromatina homogénea y muy cercanos a la lámina basal, indican a las espermatogonias tipo A (A); núcleos de un tamaño similar a los anteriores, con la cromatina intensamente teñida que forma cortos y gruesos paquetes, marcan un momento de división meiótica en los espermatocitos primarios (Ep); un núcleo de célula de Sertoli (nS) con su nucléolo localizado hacia la base del túbulo.

En la parte media del túbulo se distinguen células con un núcleo de menor tamaño, en los cuales se observa una línea que lo divide aproximadamente a la mitad (casquete) y un punto interior orientado al azar (gránulo acrosómico) siendo estructuras que caracterizan a las espermatidas (Esp). En algunas células se observa como el citoplasma comienza a alargarse. Hacia la luz y, aún en la parte media, espermatozoides (Ez) cuya cabeza se asemeja a una cuña son vistos, al igual que su alargado citoplasma.

Estadio IX (Fig. 7): para el túbulo localizado en la esquina inferior derecha de la figura, es de interés mencionar la presencia de núcleos de células de Sertoli (nS) localizados hacia la parte basal; se aprecian espermatogonias tipo B (B), caracterizadas por la condensación de la cromatina hacia la periferia nuclear y por su diámetro.

En el túbulo de mayor tamaño tenemos: núcleos de células de Sertoli (nS); células con un núcleo claro e intensamente teñido, pero en el cual no se distingue ninguna formación que representa a espermatocitos primarios (Ep) en un estado inicial. Un poco más arriba se encuentran células grandes con un núcleo mayor, en cuyo interior la cromatina forma paquetes, son características que señalan el estado paquitenico en los espermatocitos primarios (Ep).

Ocupando la porción luminal es de interés mencionar, que no se encuentran espermatozoides completamente formados, pero sí grupos de espermatidas (Esp) en un proceso de maduración, pues los núcleos generalmente redondeados, comienzan a tomar una forma irregular indicando el inicio de un alargamiento, lo mismo se observa en el citoplasma.

Estadio X-XI (Fig. 8): hacia la lámina basal se distinguen células con núcleo grande y cromatina homogénea que son espermatogonias tipo A (A). En un nivel inferior es posible observar células con un núcleo pequeño y cromatina fuertemente teñida en la que no se aprecia ninguna configuración, estas células representan espermatocitos primarios (Ep) en el inicio de la división meiótica.

A nivel central, las células con gran núcleo y distribución específica de la cromatina, indican un estado paquíteno para los espermatocitos primarios (Ep). En la parte luminal se observan paquetes de espermatidas (Esp) que no han completado su desarrollo, ya que las cabezas son ovales y no afiladas como las que caracterizan un estado de mayor madurez.

Estudios XII-XIII (Fig. 9): en el túbulo seminífero situado a la izquierda se distinguen claramente dos espermatogonias tipo A (A) y, tal parece que se encuentran en una fase final de división meiótica. También a este nivel, se observa una célula con núcleo claro en cuya periferia, la cromatina parece adherirse, indicando ser una espermatogonia tipo B (B). Los núcleos con cromatina intensamente teñida, señalan la presencia de espermatocitos primarios (Ep) y su tamaño indica que están en las fases iniciales de la meiosis.

En el túbulo seminífero situado a la derecha, se observa en la parte basal un núcleo de célula de Sertoli (nS), con su nucléolo y dos gránulos de heterocromatina. También en la parte basal, se encuentran células con núcleos de diámetro menor y cromatina teñida intensamente indicando ser espermatocitos primarios (Ep) en fase leptótena. Las células más notables debido a su tamaño, y a su aspecto nuclear, representan otra generación de espermatocitos primarios (Ep) en fase paquítena. Los grupos de espermatozoides, en su mayoría localizados hacia la luz, tienen una cabeza mucho más alargada, dirigida hacia la lámina basal y un citoplasma elongado en dirección a la luz.

En el tejido intersticial se observan núcleos delgados y largos cerca de la lámina basal, los cuales representan núcleos de células mioideas (M); núcleos semejantes, pero más cortos, representan fibroblastos (F); núcleos más poliédricos señalan la presencia de células de Leydig (nL) y también se observan vasos sanguíneos (vs).

Estadio XIV (Figs. 10, 11 y 12): las asociaciones celulares que caracterizan este estadio son muy peculiares, debido a la presencia de fases meióticas avanzadas en los espermatocitos primarios y a la aparición de los secundarios.

Comenzando a nivel de la lámina basal se observa: espermatogonias tipo A (A), en las cuales la cromatina es homogénea (Fig. 11); núcleos de células de Sertoli (nS), con una apariencia clara y en cuyo interior se reconoce el nucléolo y los dos gránulos de heterocromatina; células con un núcleo pequeño e intensamente teñido, marcan las fases iniciales de la división meiótica en una generación de espermatocitos primarios (Ep).

En un nivel medio, se observan núcleos enormes en estados de metafase y anafase, estas células representan otra generación de espermatocitos primarios (Ep) que están por dividirse y formar espermatocitos secundarios (Fig. 10). También a este nivel medio, es posible observar otros núcleos en los que se observan también estados de metafase y anafase, pero son de menor tamaño en relación a los espermatocitos primarios, a estas células se les ha considerado espermatocitos secundarios (Es), (Figs. 11 y 12).

Las espermátidas (Esp) que se forman como producto de la segunda división de la meiosis y que han alcanzado cierto grado de madurez, se localizan hacia la luz del túbulo y en pequeños grupos que se orientan hacia el núcleo de la célula de Sertoli (nS) (Figs. 10 y 12).

En relación al tejido intersticial se aprecian núcleos de fibroblastos (F) delgados y cortos y núcleos de células de Leydig (nL) de forma más ovoide (Fig. 12).

#### Conductos extratesticulares.

El conjunto de todos estos conductos constituyen una compleja red a través de la cual, los espermatozoides completarán su estado de madurez morfológico y fisiológico (Diagrama IV).

El primer grupo de conductos en la región extratesticular lo forman los conductos eferente (cef), que posteriormente comunican con el epididimo; éste último formado por la región del segmento inicial (SI) y por 3 regiones, que se han dividido en: 1) cabeza; 2) cuerpo y 3) cauda (Figs. 14 y 15).

Las características morfológicas del epitelio presenta claras diferencias en las regiones de los conductos, en tanto que en el tejido intersticial son elementos comunes la presencia de fibras colágenas (fc), células mioides (M), fibroblastos (F) y vasos sanguíneos (vs).

Conductos eferentes (Figs. 16 y 17): en este nivel la luz es muy irregular, debido principalmente a la variabilidad en el tamaño de las células epiteliales, en relación a ello, los núcleos se disponen a diferentes niveles, es posible observarlos basalmente y en la zona apical. El epitelio está formado por células principales (cp) con un núcleo basal y células ciliadas (c) que están en contacto con espermatozoides (Ez). Es importante apreciar la secreción (s) que sale del epitelio y se dirige al interior tubular similar al aspecto granuloso del citoplasma celular (Fig. 17).

El tejido intersticial es escaso, presenta fibras colágenas (fc), células musculares (M), vasos sanguíneos (vs) y delimitándolo hay gran cantidad de tejido adiposo (ta).

Segmento inicial (Fig. 18): el epitelio es cilíndrico, pero da la impresión de estar formado por varios estratos, siendo posible distinguir: núcleos en una posición paralela a la lámina basal, que pertenecen a células principales (cp) y núcleos apicales, pero en mayor número que son de un nuevo tipo celular, las células apicales (ca). Hacia la luz es muy notoria la presencia de microvellosidades que parecen unirse unas a otras. La luz puede observarse más regular comparada con la de los conductos anteriores.

El tejido intersticial es escaso, en él se observan vasos sanguíneos (vs) fibroblastos y fibras colágenas rodeando a los conductos.

Región de transición del segmento inicial a la región de la cabeza del epididimo (Fig. 19): el conducto presenta una luz más regular y un aumento

de tamaño del epitelio, en cuyo interior se distinguen gran cantidad de núcleos, perpendiculares y situados a un nivel basal en su mayoría; sólo algunos son apicales, por lo que no se puede hablar de un estrato. Se observan microvellosidades, pero no tan largas con respecto al nivel anterior. En este conducto se señala la presencia de células principales (cP) y de algunas células apicales (CA).

Grupos de espermatozoides (Ez) se encuentran en la porción luminal, en combinación con unos pequeños gránulos de secreción (s) y numerosas células redondeadas con núcleo denso y tamaño más o menos similar.

En el intersticio tubular se distinguen células mioides alrededor del epitelio, haces de fibras colágenas y vasos sanguíneos.

Regiones de la cabeza y del cuerpo del epididimo (Figs. 20, 21, 22 y 23): debido a la dificultad que se presenta para separar estas dos regiones a nivel histológico, ya que corresponden a características similares, se hablará de ambas en un mismo inciso, haciendo resaltar las características que señalen alguna particularidad para cada zona.

En el epitelio se observan las siguientes características: a) el gran tamaño y regularidad del epitelio, ocasionando que la luz de los conductos sea más uniforme; b) el tamaño de los núcleos perpendiculares a la lámina basal, pero situados basalmente, que se relacionan con células principales (cP) (Figs. 22 y 23); c) la presencia de núcleos paralelos a la lámina basal, pertenecientes a las células basales (cB) (Figs. 20, 21 y 22); y d) un perfecto borde ciliado hacia la luz tubular. Es importante mencionar el aspecto granuloso del citoplasma de las células epiteliales, en el cual puede distinguirse una zona más oscura hacia la luz; esto último se atribuye a una gran actividad secretora, donde los gránulos que se producen se liberan para combinarse con los espermatozoides en la región luminal (Figs. 21 y 22).

El acomodo de los espermatozoides en el interior de los conductos también puede variar, ya que en ciertos momentos tienden a orientarse con sus cabezas hacia la zona ciliada del epitelio, teniendo contacto con éste; y, en otros casos, se muestran como grandes masas acumuladas hacia el centro del conducto.

La morfología de los espermatozoides se aprecia muy bien, identificándose estructuras como: el acrosoma, con la típica forma de hoz para el caso de los roedores, pero en esta especie, la cabeza es ovoide, es también muy clara la presencia del flagelo (Figs. 21, 22 y 23).

En el tejido intersticial se distinguen: núcleos delgados y muy alargados y otros de menor longitud correspondientes a las células mioides (M) y a los fibroblastos (F) respectivamente; fibras colágenas (fc) que se distribuyen entre los vasos sanguíneos (vs) (Figs. 20 y 21).

Región de transición de la región del cuerpo del epididimo a la caudal (Fig. 24): el epitelio continúa siendo alto y sus células contienen núcleos enormes en posición basal y perpendiculares a la lámina basal que representan a las células principales (cP), también se observan núcleos paralelos pertenecientes a las células basales (cB); aquí también el citoplasma se torna granuloso y da la apariencia de estar constituido por dos zonas. Hacia la luz, el borde ciliado (c) se distingue con claridad y es más alto en relación al nivel anterior.

En la luz de los conductos se acumulan los espermatozoides (Ez) centralmente y su concentración ha aumentado.

Entre los conductos se observa tejido intersticial con los siguientes elementos: núcleos de células mioides (M) y de fibroblastos (F), existen gran cantidad de vasos sanguíneos (vs) y de fibras colágenas (fc).

Región caudal del epididimo (Figs. 25, 26, 27, 28 y 29 y Diagrama V): una observación general de esta zona del epididimo muestra características muy importantes que a otros niveles no fueron observadas: la gran cantidad de tejido intersticial, la disminución de tamaño del epitelio de los conductos y la gran cantidad de espermatozoides en el interior (Figs. 25 y 26).

En el epitelio de los conductos puede apreciarse, a gran aumento, una serie de elementos: células cuboidales que presentan un gran núcleo basal, las cuales se identifican como células principales (cP), que en regiones anteriores presentaban un aspecto cilíndrico; se reconocen núcleos aplanados paralelos a la base, que indican la presencia de células basales (cB); pero ade-



más, se observa un tipo celular de forma irregular, con abundantes granulaciones acidófilas, núcleo basal y con escasos cilios o ausencia de ellos, a estas células que, en base a la bibliografía (Hamilton, 1975) presentan una función secretora, se les ha relacionado con las células claras (cCl), que son características de esta zona del epidídimo (Figs. 27, 28 y 29 y Diagrama V).

En la luz de los conductos se encuentra una mayor concentración de espermatozoides (Ez) y entre ellos se distinguen pequeños gránulos de secreción (s) y nuevamente células denominadas como "X" (cX), al igual que acúmulos de material (mx) que no se había visto en niveles anteriores.

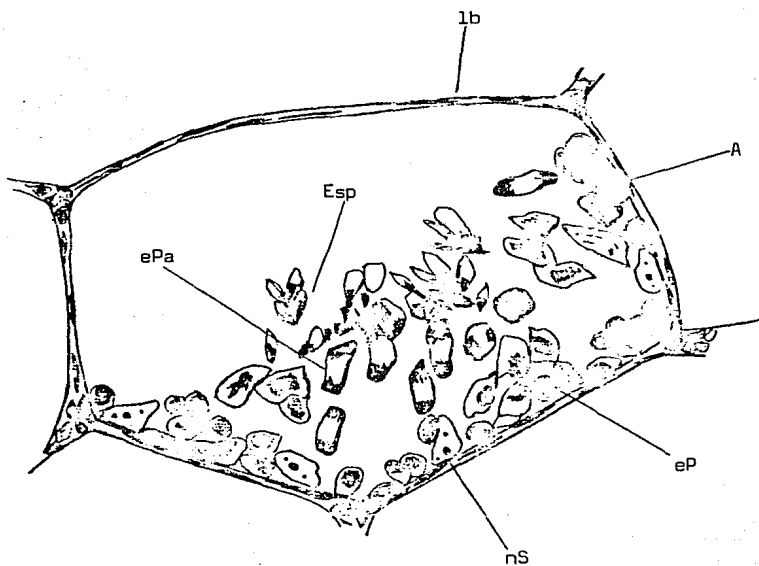
En la porción intersticial, el cambio se debe principalmente, a la gran cantidad de fibras colágenas (fc), así como a un aumento en las células mioides (M) y en los fibroblastos (F); también se destaca la presencia de vasos sanguíneos (vs) (Figs. 27 y 29).

Conducto deferente (Figs. 30, 31, 32 y 33 y Diagrama IV): el conducto deferente presenta ciertas características que lo diferencian de los conductos del epidídimo: está rodeado por una gruesa capa de músculo liso (ml); la luz ahora se torna muy irregular, con una serie de crestas hacia el interior del conducto; el epitelio ha cambiado a una forma cilíndrica, lo cual le brinda un aspecto alto (Figs. 30 y 31 y Diagrama IV).

Observando el epitelio a gran aumento es posible distinguir: la gruesa capa muscular, encontrándose células mioides (M) y fibroblastos (F); el epitelio presenta células cilíndricas con un gran núcleo basal que caracteriza a las células principales (cP), el citoplasma es de aspecto granuloso; no se observan células basales.

Hacia la porción luminal del conducto, se aprecia un borde ciliado, en donde los cilios tienen una longitud mayor, en relación a los que se encuentran en la región caudal del epidídimo, cerca de ellos es posible observar numerosos espermatozoides (Ez) (Figs. 32 y 33).

Diagrama II. Interior testicular.



(nS): núcleos de células de Sertoli

(A): espermatogonia A

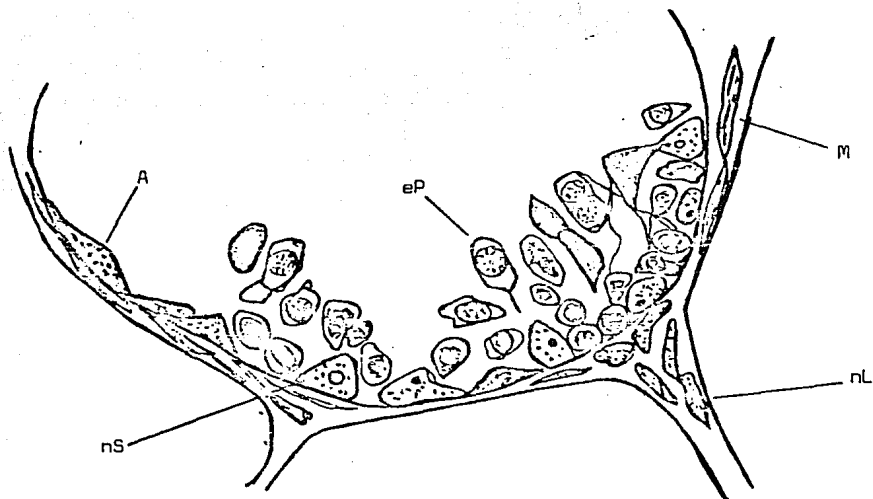
(eP): espermatocito primario

(ePa): espermatocito primario en anafase

(Esp): espermátidas

(lb): lámina basal

Diagrama III. Interior testicular.



- (nS): núcleo de célula de Sertoli
- (A): espermatogonia A
- (eP): espermatocito primario
- (M): células mioides
- (nL): células de Leydig

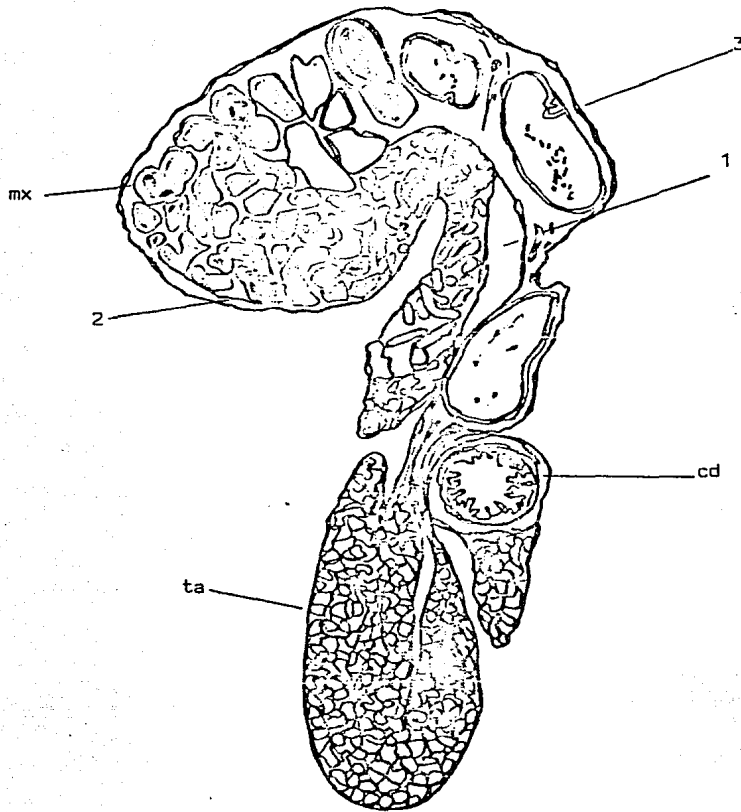
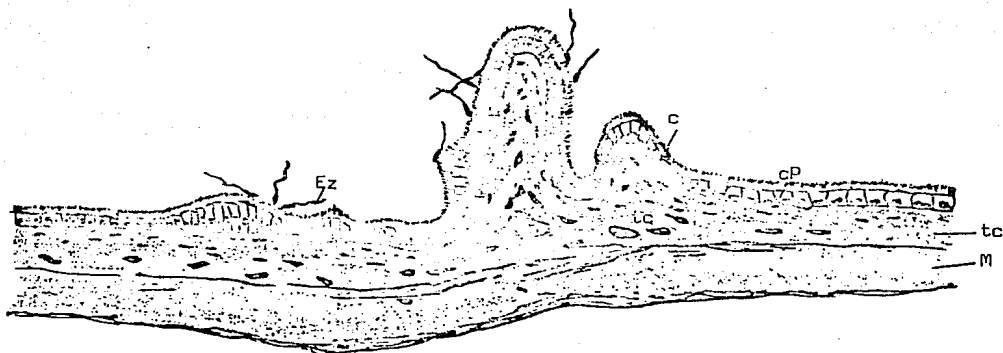


Diagrama IV. Vista Panorámica de Conductos Extratesticulares.

Conductos de:

- (1) Región de la cabeza
- (2) Región del cuerpo
- (3) Región Caudal
- (mx) material acelular
- (cd) conducto deferente
- (ta) tejido adiposo

Diagrama V. Región Caudal del Epidídimo.



- (cP): células principales
- (c): cilios
- (Ez): espermatozoides
- (tc): tejido conjuntivo
- (M): músculo

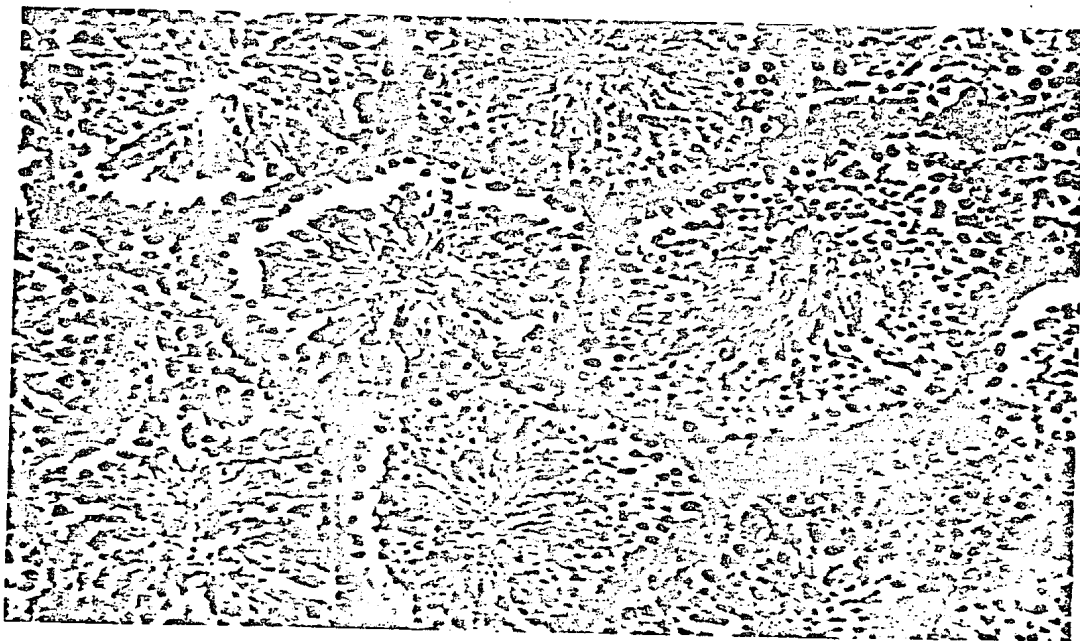


Fig. 1. Interior testicular. Espermatozoides en el interior tubular (Ez)  
Impregnación argéntica de Cajal. 200 X.

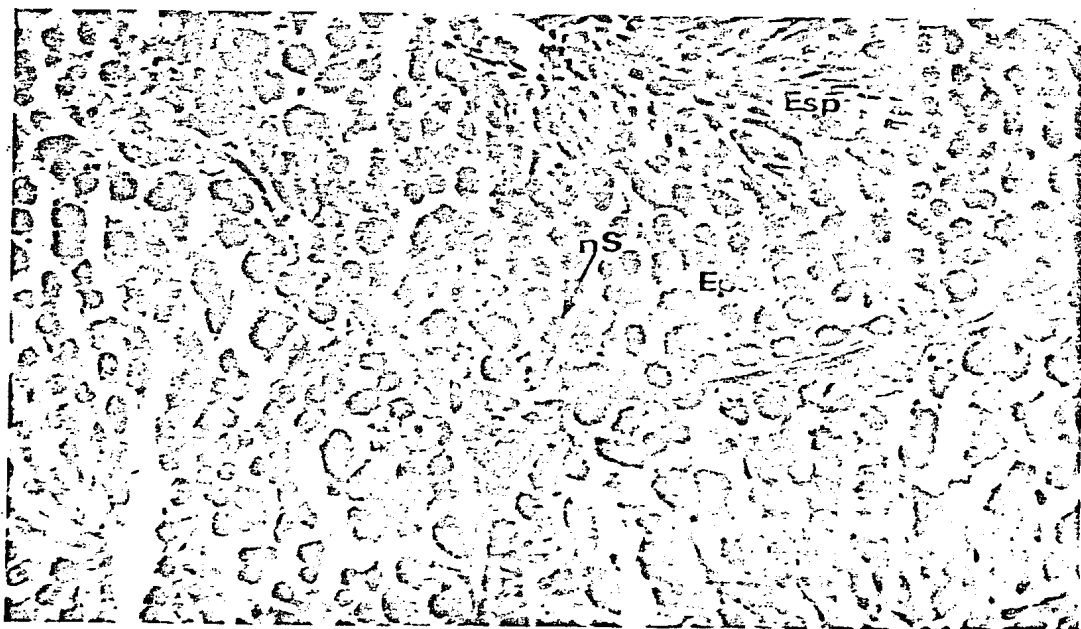


Fig. 2. Interior testicular. Espermatoцитos 1º (Ep), células de Sertoli (nS),  
Espermátidas (Esp).  
H-E. 500 X.



Fig. 3. Interior testicular. Lámina basal (lb), células de Leydig (nL), Espermatozoides (Ez)  
Impregnación argéntica de Cajal. 1250 X.

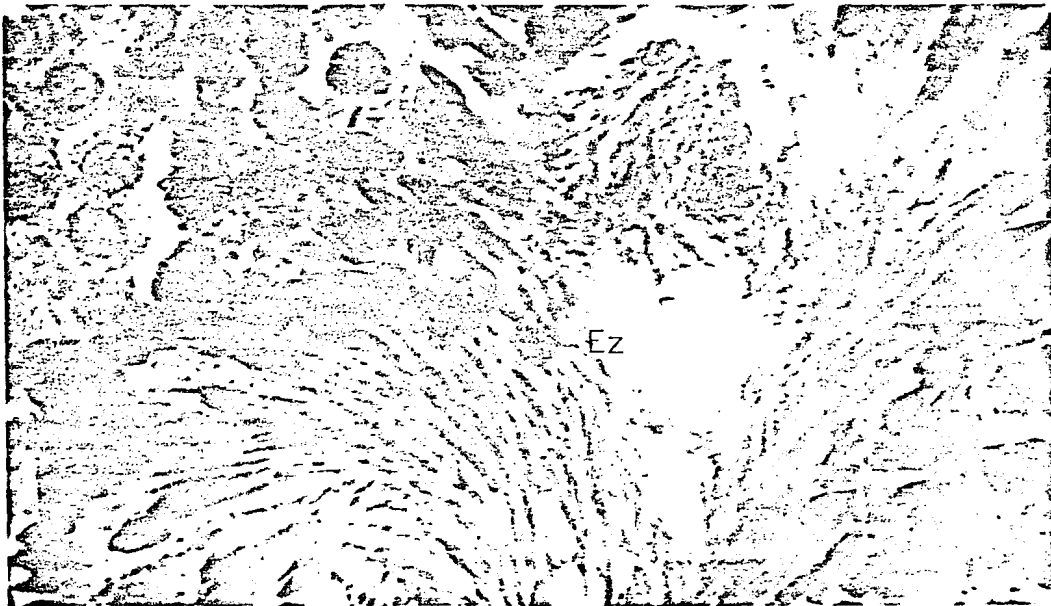


Fig. 4. Interior testicular. Espermatozoides (Ez)  
Impregnación argéntica de Cajal. 1250 X.

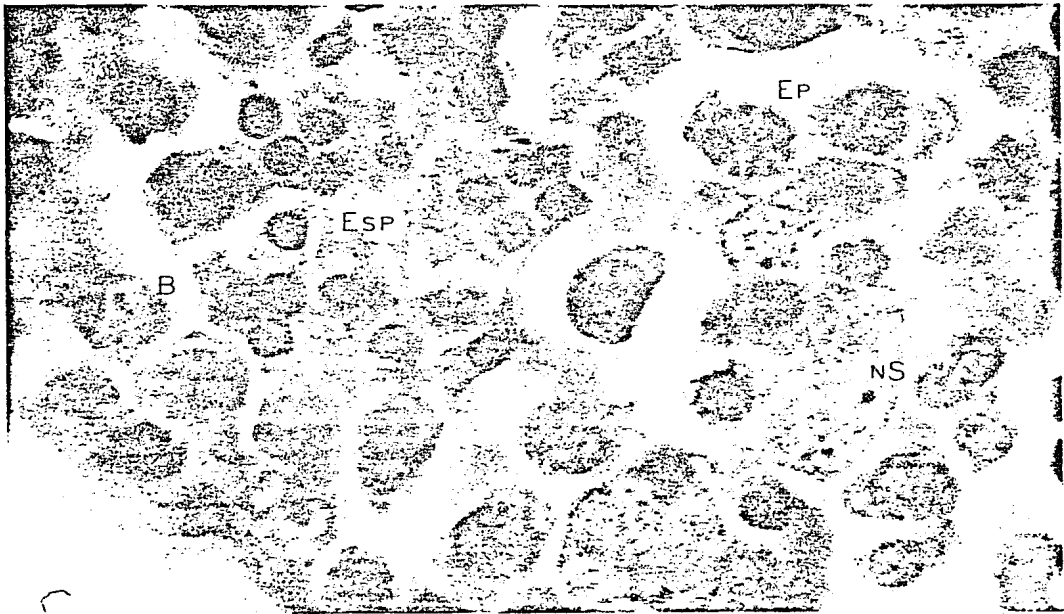


Fig. 5. Espermatogénesis. Espermatogonias A (A), Espermatogonias B (B), Espermatocitos 1<sup>os</sup> (Ep), célula de Sertoli (nS), Espermatidas (Esp).  
H-E. 1250 X.

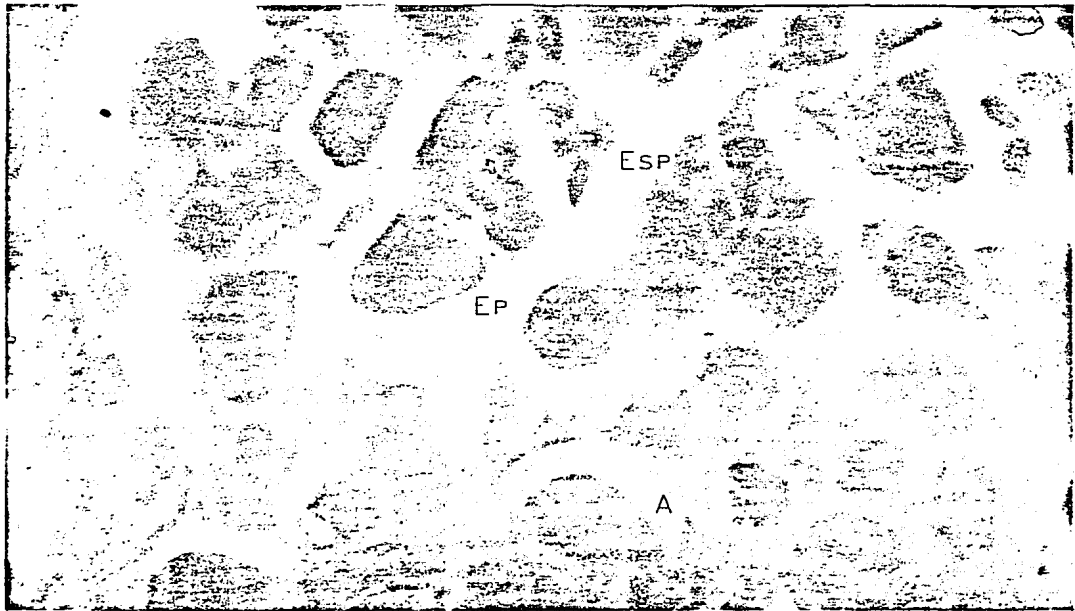


Fig. 6. Espermatogénesis. Espermatogonias A (A), Espermatocitos 1<sup>os</sup> (Ep), células de Sertoli (nS), Espermatidas (Esp), Espermatozoides (Ez).  
H-E. 1250 X.





**Fig. 7.** Espermatogénesis. Espermatogonias B (B), células de Sertoli (nS), Espermatocitos 1<sup>OS</sup> (Ep), Espermátidas (Esp).  
H-E. 1250 X.



**Fig. 8.** Espermatogénesis. Espermatogonias A (A), Espermatocitos 1<sup>OS</sup> (Ep), Espermátidas (Esp).  
H-E. 1250 X.



Fig. 9. Espermatogénesis. Espermatogonias A (A), Espermatogonias B (B), Espermatocitos 1<sup>OS</sup> (Ep), Espermatozoides (Ez), células mioides (M), Fibroblastos (F), células de Leydig (nL), vasos sanguíneos (vs).  
H-E. 1250 X.

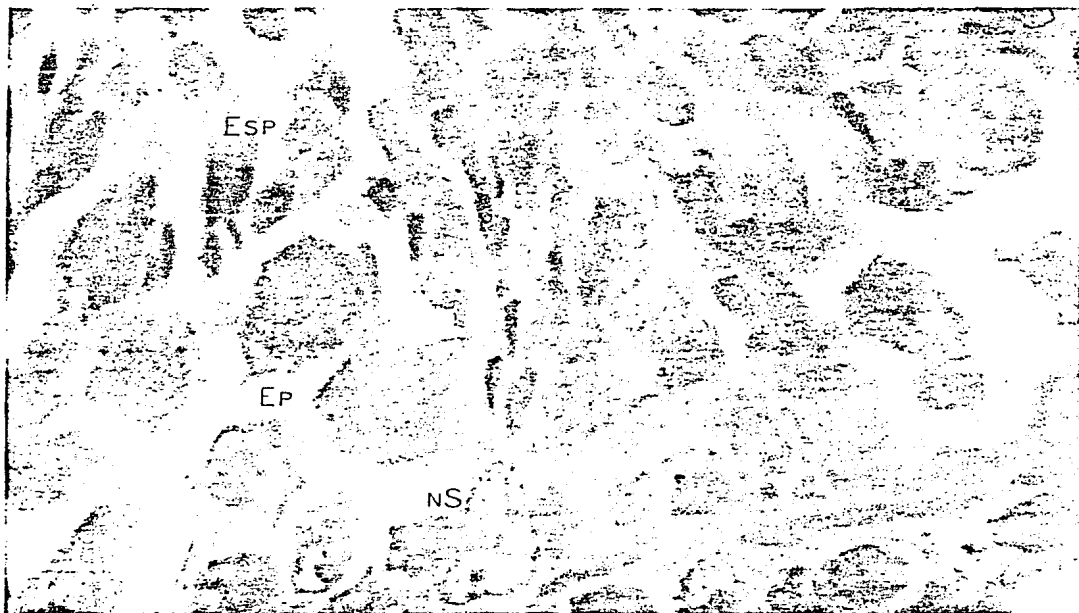


Fig. 10. Espermatogénesis. Células de Sertoli (nS), Espermatocitos 1<sup>OS</sup> (Ep), Espermátidas (Esp).  
H-E. 1250 X.

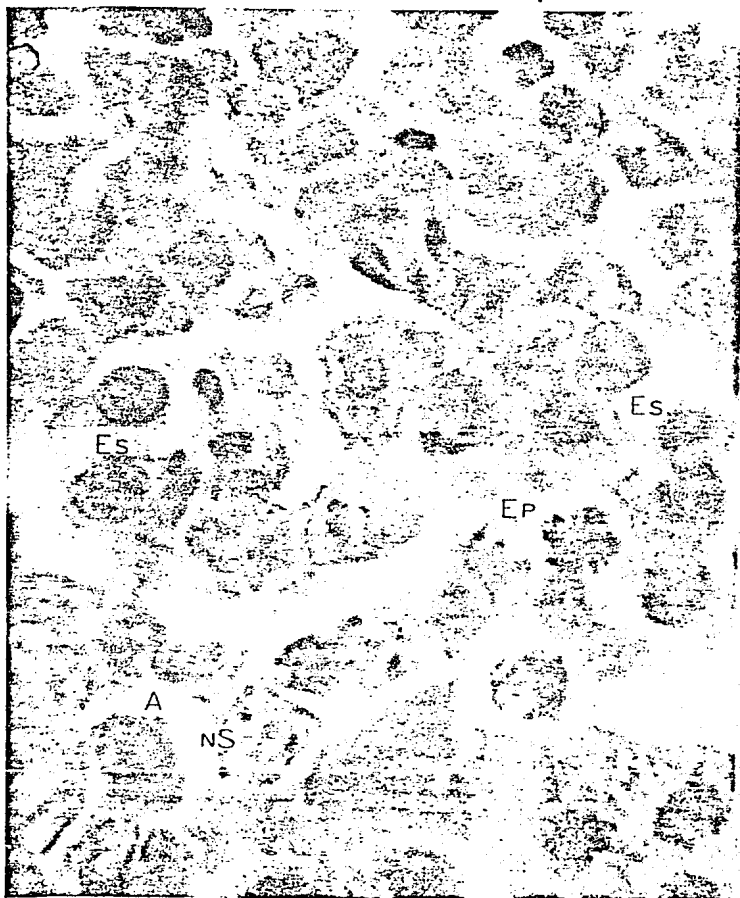


Fig. 11. Espermatogénesis. Espermatogonias A (A), células de Sertoli (NS),  
Espermatocitos 1<sup>os</sup> (Ep), Espermatocitos 2<sup>os</sup> (Es).  
H-E. 1250 X.

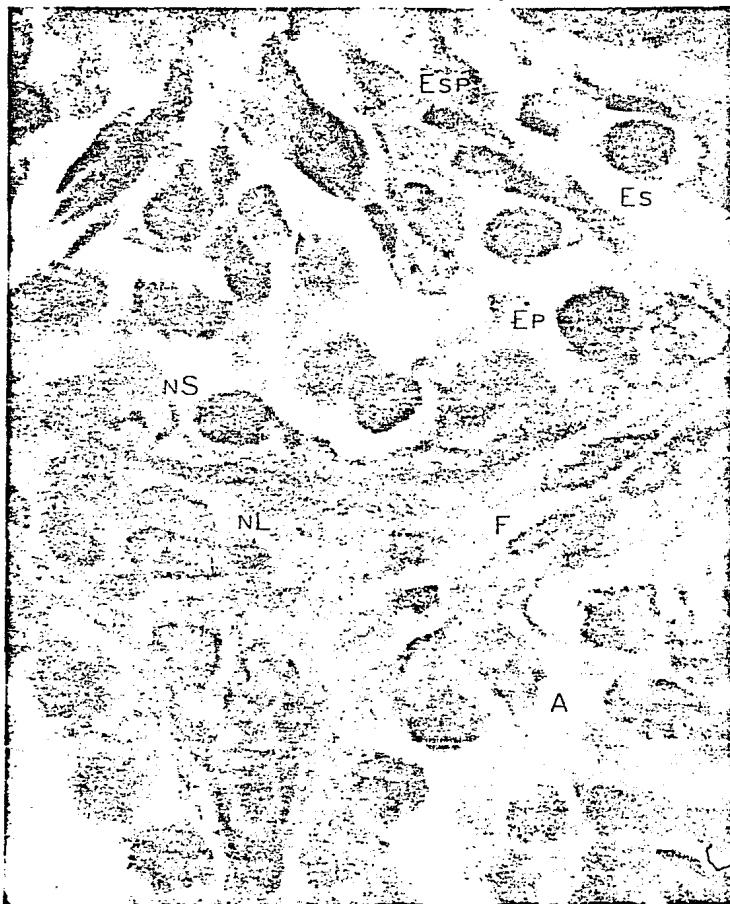


Fig. 12. Espermatogénesis. Espermatogonias A (A), células de Sertoli (nS),  
Espermatocitos 1<sup>os</sup> (Ep), Espermatocitos 2<sup>os</sup> (Es), Espermátidas (Esp),  
Fibroblastos (F), células de Leydig (nL).  
H-E. 1250 X.



**Fig. 13.** Intersticio testicular. Células de Leydig (NL), vaso sanguíneo (vs).  
H-E. 1250 X.



**Fig. 14.** Imagen panorámica. Epidídimo: Región de la Cabeza (1), Región del Cuerpo (2),  
Región Caudal (3).  
H-E. 78 X.

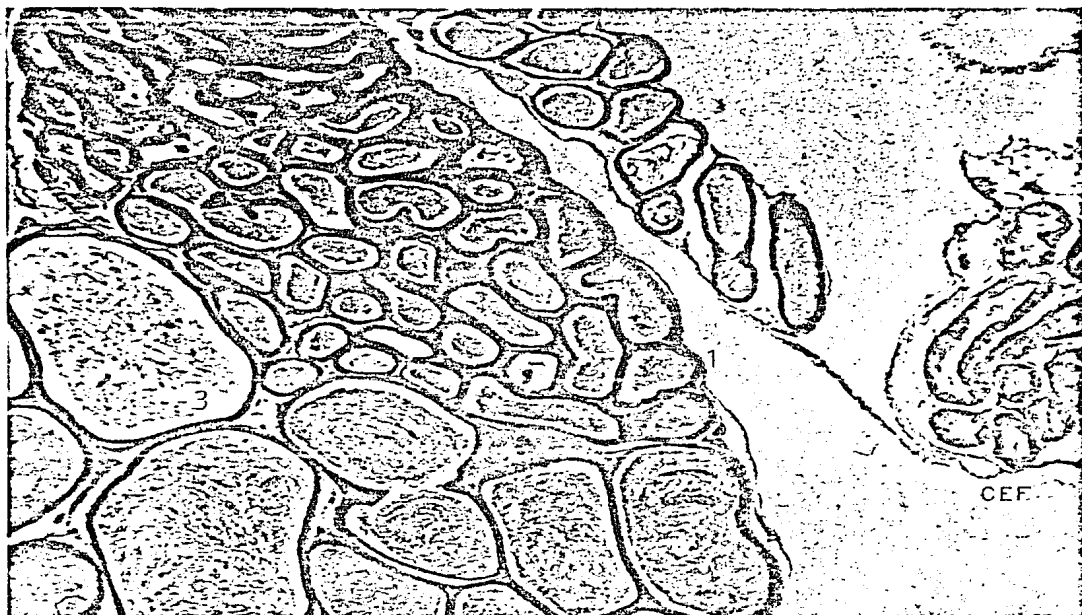


Fig. 15. Imagen panorámica. Conductos eferentes (cef), Epidídimo: Región de la Cabeza (1), Región Caudal (3).  
H-E. 32 X.



Fig. 16. Conductos eferentes. Espermatozoides (Ez), fibras colágenas (Fc), células musculares (M), vasos sanguíneos (vs), tejido adiposo (ta).  
H-E. 200 X.



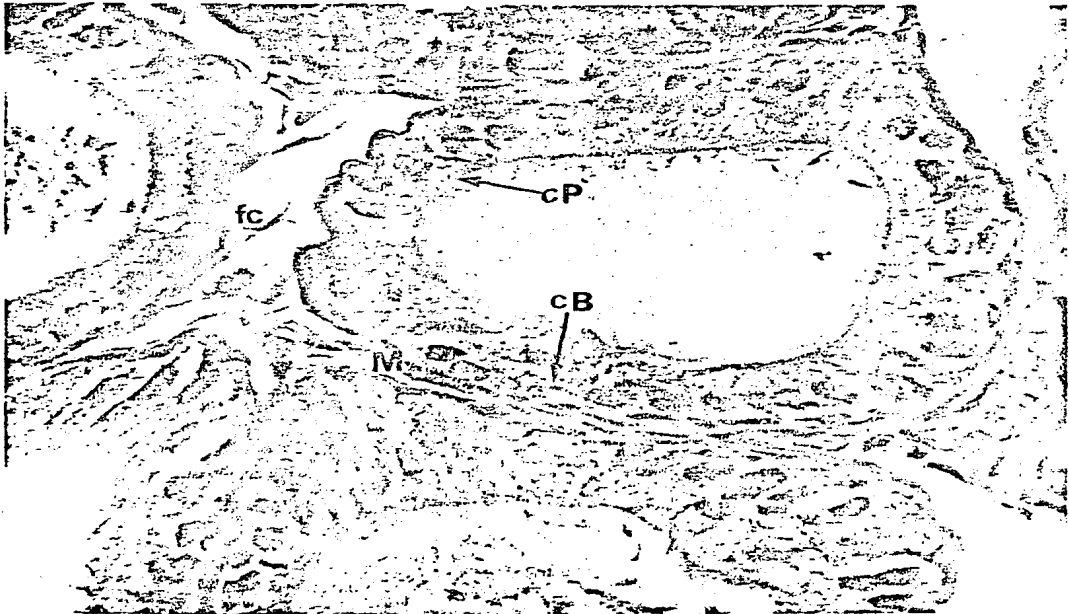
**Fig. 17.** Conductos eferentes. Células Principales (cP), células ciliadas (cC), secreción (s), Fibras colágenas (Fc), células musculares (M), vaso sanguíneo (vs). Masson. 500 X.



**Fig. 18.** Segmento inicial. Células Principales (cP), células Apicales (cA), microvellosidades (mv), Fibras colágenas (Fc), vasos sanguíneos (vs). Masson. 500 X.

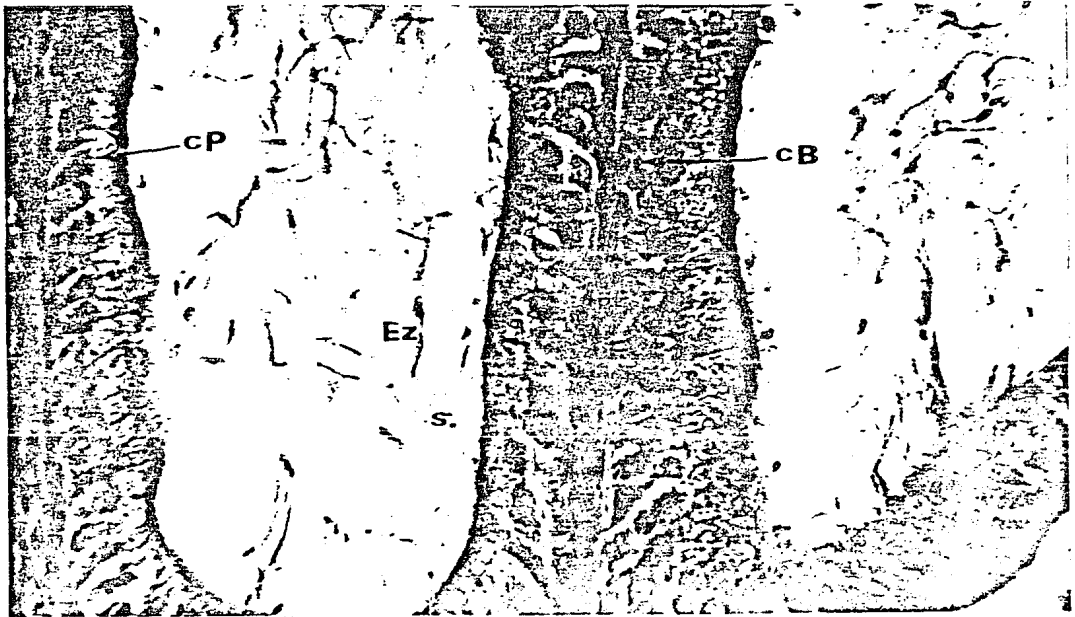


**Fig. 19.** Región de transición del segmento inicial a la región de la cabeza del epidídimo. Células principales (cP), células apicales (cA), Espermatozoides (Ez), secreción (s), células X (cX).  
H-E. 500 X.

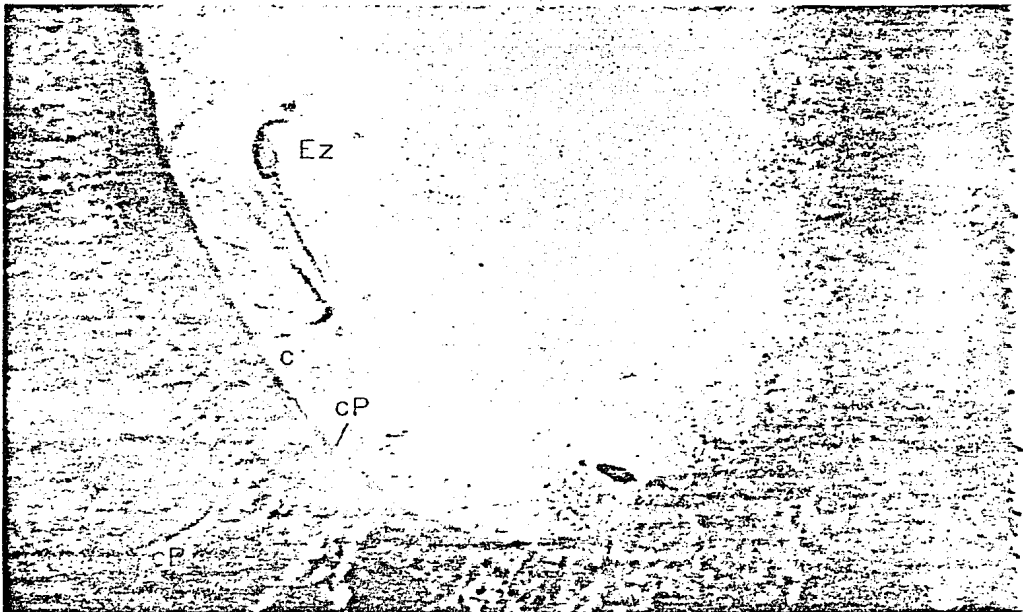


**Fig. 20.** Regiones de la cabeza y del cuerpo del epidídimo. Células principales (cP), células basales (cB), miocitos (M), fibroblastos (F), fibras colágenas (fc),  
H-E. 500 X.





**Fig. 21.** Regiones de la cabeza y del cuerpo del epidídimo. Células principales (cP), células basales (cB), secreción (s), espermatozoides (Ez), fibroblastos (F). Masson. 500 X.



**Fig. 22.** Regiones de la cabeza y del cuerpo del epidídimo. Células principales (cP), células basales (cB), cilios (c), espermatozoide (Ez). Masson. 1250 X.



Fig. 23. Regiones de la cabeza y del cuerpo del epididimo. Célula principal (cP), células basales (cB), secreción (s), células X (cX), espermatozoides (Ez). Masson. 1250 X.



Fig. 24. Región de transición de la region del cuerpo a la caudal. Células principales (cP), células basales (cB), cilios (c), espermatozoides (Ez), células mioides (m). H-E. 500 X.

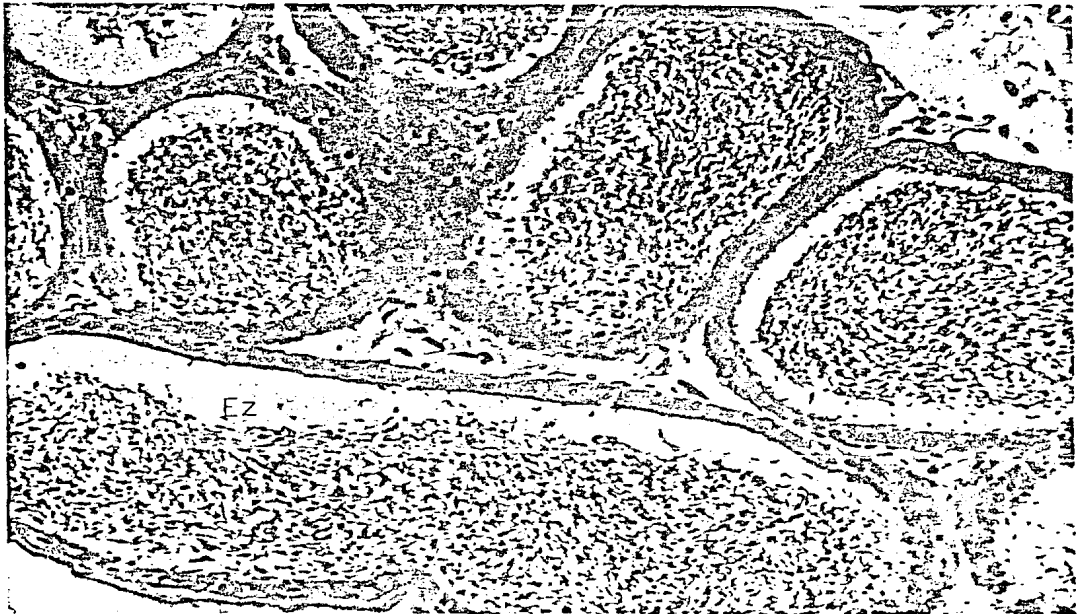


Fig. 25. Región caudal del epidídimo. Espermatozoides (Ez).  
H-E. 78 X.

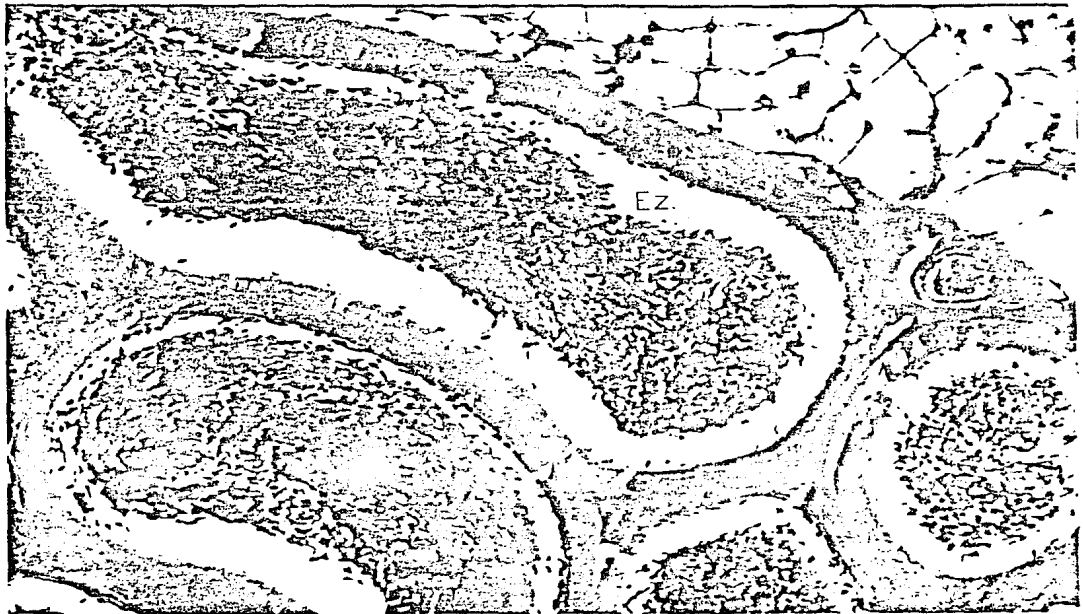
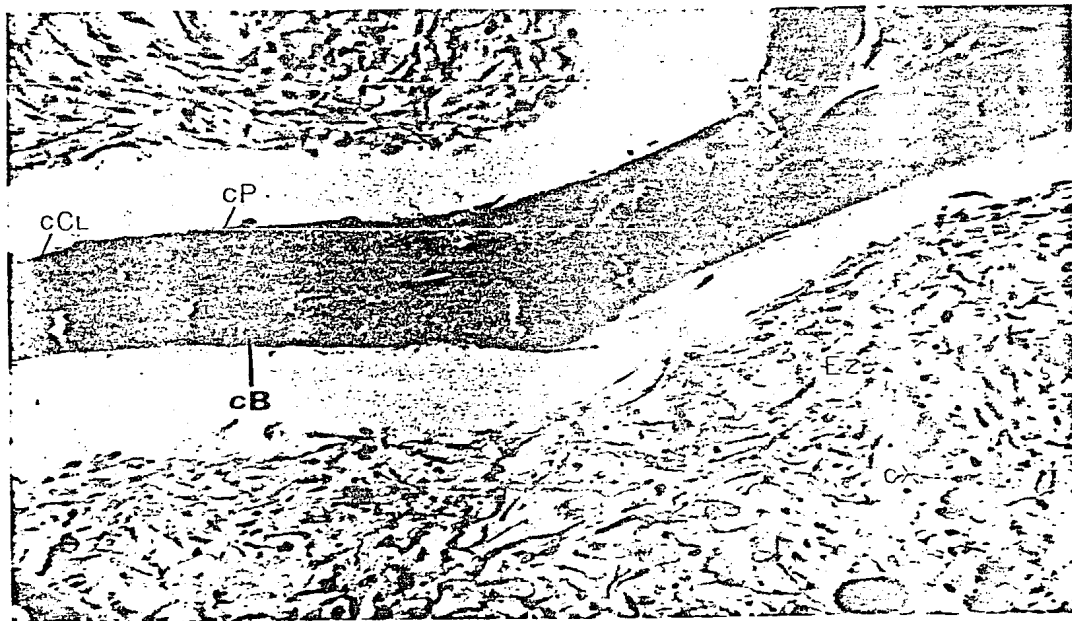


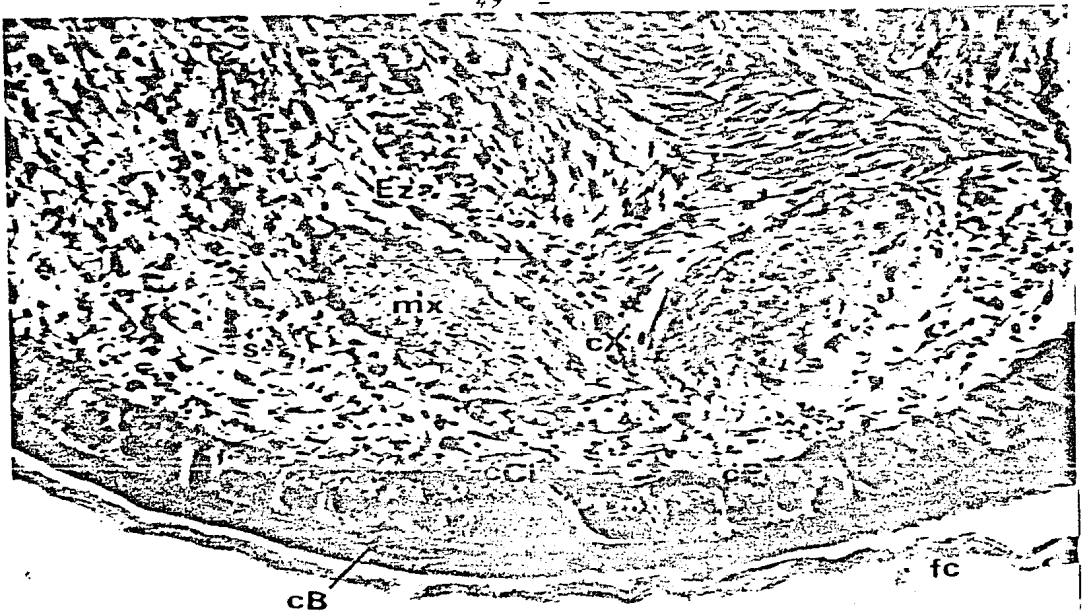
Fig. 26. Región caudal del epidídimo. Espermatozoides (Ez).  
Impregnación argéntica. 78 X.



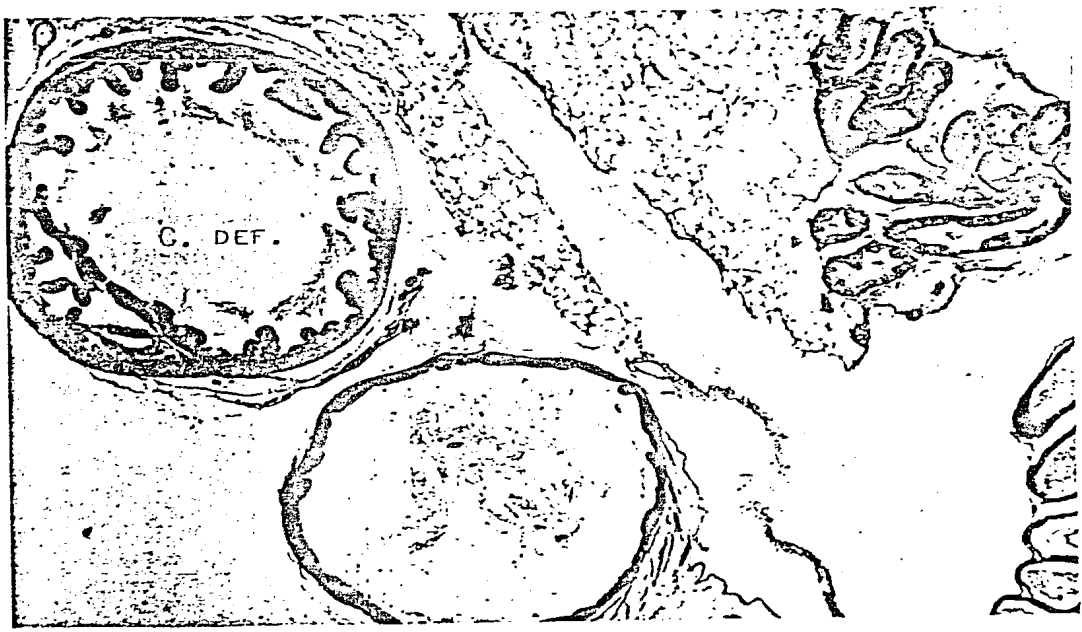
**Fig. 27.** Región caudal del epidídimo. Células principales (cP), células basales (cB), células claras (cCl), células X (cX), espermatozoides (Ez), fibras colágenas (fc). Masson. 500 X.



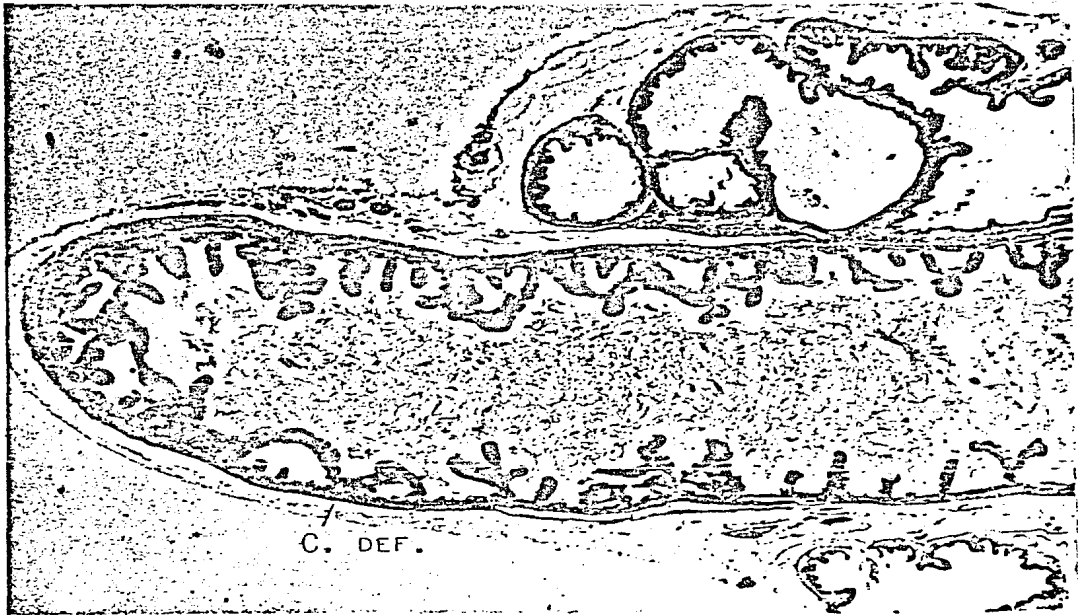
**Fig. 28.** Región caudal del epidídimo. Células principales (cP), células basales (cB), células claras (cCl), células X (cX), espermatozoides (Ez). Masson. 500 X.



**Fig. 29.** Región caudal del epidídimo. Células principales (cP), células basales (cB), células claras (cCl), espermatozoides (Ez), secreción (s), material acelular (mx), células X (cX), fibras colágenas (fc).  
Masson. 500 X.



**Fig. 30.** Conducto deferente. Vista panorámica.  
H-E. 32 X.



**Fig. 31.** Conducto deferente. Vista panorámica.  
H-E. 32 X.



**Fig. 32.** Conducto deferente. Células principales (cP), cilios (c), espermatozoides (Ez), músculo liso (ml), fibroblastos (F).  
H-E. 1250 X.

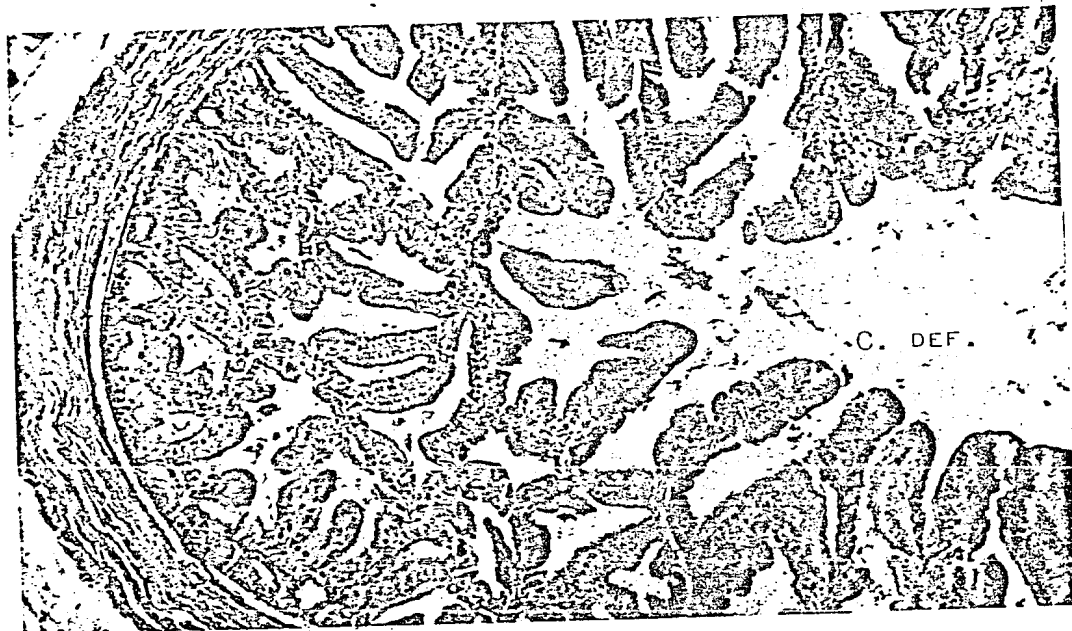


Fig. 33. Conducto deferente. Músculo liso (ml).  
H-E. 32 X.

## V. DISCUSION Y CONCLUSIONES.

El presente trabajo se inicia con el estudio de la histología del testículo, es decir, de las células que forman el epitelio seminífero, así como de los elementos que constituyen el intersticio tubular.

Como se ha visto, las relaciones que guardan las espermatogonias, espermatocitos, espermatidas y espermatozoides en el túbulo seminífero, durante la espermatogénesis, han dado origen al llamado ciclo del epitelio seminífero, constituido, en el caso de la rata, por XIV estadios. Estos estudios, hechos en principio por Leblond y Clermont (1952), ayudaron a comprender, que el testículo no está constituido por túbulos en cuyo interior se efectúa al mismo tiempo la producción de espermatozoides.

Tomando lo anterior como base, los resultados obtenidos en N. a. alstoni muestran una serie de características que son de interés mencionar:

Como se ha podido apreciar, se han caracterizado 6 estadios bien definidos en el epitelio seminífero de N. a. alstoni; estos resultados pueden parecer incompletos si nos basamos en los XIV establecidos en rata, ya que no se observó ningún estadio previo al V y, además, hubo dificultad en separar con precisión algunos de ellos, es decir, se definió un estadio V-VI, uno X-XI y otro XII-XIII.

Observando las fases I a V de la Tabla I y el Diagrama I, podemos ver que las características combinaciones celulares para estas cinco fases son muy semejantes, ya que se encuentran espermatogonias A y B y espermatocitos primarios en paquíteno temprano, las diferencias que se pueden observar son las 5 primeras etapas de la espermiogénesis. Comparando los estadios X-XI y XII-XIII, una situación semejante prevalece, pues los mismos tipos celulares pueden ser vistos en cada par de estadios y sólo varían las etapas de la espermiogénesis.

No debemos olvidar que las fases de maduración por las que pasa la espermatida, son la base para dividir al ciclo del epitelio seminífero de la rata en XIV estadios.



En el caso de N. a. alstoni, en los 6 estadios observados se muestran las 4 fases de la espermiogénesis: fase Golgi, de casquete, acrosómica y de maduración, pero no se observan las mismas etapas que dividen a cada una de las 4 fases, como en la espermiogénesis de la rata. En este aspecto consideramos que la división de la espermiogénesis para N. a. alstoni en particular, esté constituida por un menor número de estadios. Lo anterior puede estar en relación a la forma del espermatozoide (Fig. 22), que dista mucho de la típica forma de hoz de otros roedores, por lo cual, posiblemente se observen menor número de fases en el proceso de cambio morfológico de la espermatida. Este número variable de etapas de la espermiogénesis se puede ver en algunos ejemplos que mencionan Steinberger y Steinberger (1975) como son: 12 estadios en ratón y mono y 6 estadios en el hombre.

Es por esta razón que consideramos que en N. a. alstoni el estadio V-VI esté representando las fases iniciales y que no existan, necesariamente, momentos anteriores significativamente distintos.

Sería muy interesante el poder definir cada uno de las fases que componen la espermiogénesis en N. a. alstoni complementando las observaciones hechas con otras técnicas, como la de Feulgen o la de PAS, además de un estudio a nivel de microscopía electrónica.

Tomando como base lo anterior, la secuencia de estadios que se ilustran para N. a. alstoni, a partir del V hasta el XIV (Figs. 5 a 12), y en comparación a los que se ejemplifican en la Tabla I y el Diagrama I, muestran etapas decisivas en cada uno de ellos, que estarían en relación principalmente, a la generación de espermatogonias y espermatocitos y a características generales de las fases de la espermiogénesis.

Al respecto podríamos hablar de los cambios que sufren las espermatogonias tipo A, que en algunas fases del ciclo su población tiende a aumentar y en otras disminuye. Ello se observa en las Figs. 9 y 11, en donde se aprecia la división mitótica que estas células realizan, lo cual estaría en relación al acercamiento de uno de los picos mitóticos del ciclo. A este nivel, la espermatogonia parece estar en una pequeña cámara, que podría corresponder al compartimento basal, formado por las uniones de las células de Sertoli, como lo mencionan Fawcett (1975) y Setchell (1975) (Figs. 5, 8, 9 y 11).

La población de espermatoцитos primarios también va variando en cuanto a tamaño, localización y distribución de la cromatina. Si partimos del momento en que los espermatozoides salen del interior tubular, en el estadio VII-VIII (Fig. 6) y siendo el IX un estadio cercano a este momento (Fig. 7), se puede observar que a nivel de la lámina basal, los espermatoцитos primarios difieren de los que se sitúan hacia el lumen. Siguiendo esta población basal, desde la Fig. 7 a la 12 y finalmente la 5 y 6, en este orden, se pueden distinguir variaciones en el tamaño celular y en la cromatina, correspondientes a una fase cigótena (Figs. 9 y 12) y de paquíteno temprano (Figs. 5 y 6). Una segunda generación de espermatoцитos primarios, en estados posteriores al VII, que son fácilmente reconocibles por su enorme tamaño en relación a las demás células, pueden observarse en las Figs. 7, 8 y 9; la distribución de la cromatina, así como su localización más central, concuerdan con las características de la fase paquítena, la cual es muy prolongada (Diagrama I). Estas dos generaciones de espermatoцитos primarios, representan uno de los detalles más distintivos en los estadios más avanzados (VIII-XIV), pero además, permite situar a la población de espermátidas en la fase acrosómica de la espermiogénesis, en la cual la espermátida se elonga progresivamente (Figs. 7 a 12).

Como señalaron Leblond y Clermont (1952), la segunda generación de espermatoцитos primarios, en los estadios XIII-XIV, comienza a mostrar una nueva distribución de la cromatina para completar la primera división de la meiosis y originar espermatoцитos secundarios. En la Fig. 10 se distinguen con claridad metafases y anafases en estas enormes células que son los espermatoцитos primarios, así como la presencia de espermatoцитos secundarios en las Figs. 11 y 12. Sobre este punto, existe dificultad en la localización de estas últimas células, ya que la segunda división de la meiosis se lleva a cabo rápidamente, siendo de gran ayuda para su identificación, la disposición de los tipos celulares cercanos, el tamaño y el aspecto del núcleo.

Nuevamente, algunas de las etapas claves de la meiosis, como las metafases y anafases, están presentes en los espermatoцитos secundarios, para concluir en la formación de espermátidas (Fig. 11). Es por esta razón que el primer estadio del ciclo del epitelio seminífero se caracteriza por espermátidas en la primera fase (Golgi) y por espermátidas ya existentes desde estadios anteriores que inician la fase de maduración.

En la fase Golgi surgen los gránulos proacrosómicos y se fusionan para formar el gránulo acrosómico, lo que resultó ser un momento difícil de observar y, debido a ello, los resultados inician en el estadio V, en donde las espermatidas se encuentran ya en fase de casquete. En esta fase se distingue el gránulo acrosómico orientado al azar y las prolongaciones laterales que parten de él para formar el casquete (Figs. 5 y 6).

Como puede observarse, se ha iniciado un nuevo ciclo que terminará cuando esta nueva generación de espermatidas complete todas sus etapas de desarrollo.

Es importante mencionar que, a pesar de que los estadios del ciclo se basan en los estados de maduración de la espermatida, los detalles que caracterizan a cada uno de ellos no se aprecian con toda claridad, por lo cual, las demás células del epitelio, la disposición del núcleo de las células de Sertoli, la forma de las espermatidas (en cuña o alargadas) y su acomodo en el epitelio, fueron de mucha ayuda para identificar los estadios.

Con respecto al acomodo de las espermatidas, podrá observarse que algunas forman paquetes, los cuales parecen acercarse a los núcleos de las células de Sertoli (Fig. 5) y otras, sin embargo, se encuentran más hacia la luz (Fig. 6). Fawcett (1975) menciona la presencia de un sincicio en el epitelio seminífero que es formado por una citoquinesis incompleta. Lo anterior puede explicar a los grupos celulares observados (Figs. 5, 6, 7 y 9).

Las células de Sertoli, que también están presentes en los tubos seminíferos, muestran características importantes en relación a su núcleo, en él fué posible reconocer el nucléolo y los dos gránulos de heterocromatina (Figs. 5, 7, 9, 10, 11 y 12), lo cual concuerda con lo que describe Fawcett (1975), pero además, fué visto un cambio de forma a lo largo de todo el ciclo. Se ha mencionado que el núcleo adquiere forma perpendicular a la lámina basal momentos antes de que la generación de espermatozoides se libere y una forma paralela en los estadios iniciales y finales del ciclo. Sin embargo, algunos de nuestros resultados señalan discrepancia en este sentido (Fig. 10).

El tejido intersticial (Figs. 9, 12 y 13) muestra un arreglo estructural característico, es posible distinguir vasos sanguíneos rodeados por células

de Leydig, alrededor de las cuales no se observa un tejido bien definido, sino que hay grandes espacios claros que podrían corresponder a vasos linfáticos. Este arreglo presente en ratas, difiere del de otras especies, como en el hombre en donde el tejido intersticial está constituido por grupos de células de Leydig situadas en un tejido conjuntivo más denso (Setchell y Waites, 1975).

#### Tubos extratesticulares.

Iniciando por los conductos eferentes para llegar al conducto deferente, a través del epidídimo, se ha observado de manera general lo siguiente:

a) El tejido intersticial, que es escaso en fibras colágenas, células mioideas y fibroblastos en los conductos eferentes (Figs. 16 y 17), va adquiriendo grosor, es decir, el intersticio se vuelve más denso a través del epidídimo, para finalmente formar una gruesa capa conjuntiva y muscular que rodea al conducto deferente (Fig. 33).

b) La luz del epidídimo también presenta cambios, ya que en un inicio es estrellada y posteriormente se muestra regular (Figs. 16, 17 y 19). Para el conducto deferente la luz puede variar de una especie a otra, mostrándose una forma crenada, como en el caso de nuestros resultados (Figs. 30, 31 y 33) o una forma circular, como en rata (Hamilton, 1975).

c) La altura del epitelio es otro de los aspectos relevantes, ya que en los conductos eferentes es cilíndrico e irá en aumento, hasta llegar a una porción terminal de la región del cuerpo del epidídimo en donde disminuirá, para alcanzar la región caudal con un aspecto cúbico. Posteriormente, en el conducto deferente, el epitelio vuelve a incrementar su altura.

d) La presencia de cilios y microvellosidades (segmento inicial) y de cilios que disminuyen en longitud (región caudal del epidídimo y conducto deferente), es también notable. Este aspecto, que está en relación con los anteriores, tiene que ver con las funciones de secreción, absorción y transporte a lo largo de él. Al respecto, una posible explicación de la presencia de microvellosidades en el segmento inicial, se basa en los estudios hechos en toro y jabalí (Hamilton, 1975) en donde se ha visto que más del 90% del fluido que

deja el testículo es reabsorbido a este nivel. No se han hecho estudios sobre esto en roedores.

e) Otro aspecto a mencionar es la variabilidad que se presenta a lo largo de todos los conductos, en la concentración de los espermatozoides hacia la luz. En un inicio esta suma no es considerable, pero se incrementa al llegar a la región caudal (Figs. 25 a 29). Esta masa de espermatozoides está en combinación con gránulos de secreción, que son producto de las células epiteliales; pero además se han visto células de aspecto globoso, presentes desde la zona caudal y a las cuales se ha denominado como células "X" (cX) por la falta de una correlación bibliográfica (Figs. 19, 23, 27, 28 y 29), se piensa que son células secretoras, que pasan al lumen junto con la secreción y se mezclan con los espermatozoides.

En la luz, y sólo a nivel de la región caudal, también es posible observar unos acúmulos acelulares entre los espermatozoides (Fig. 29), que tampoco son mencionados en la bibliografía consultada y son identificados fácilmente (Diagrama IV); se piensa que son algún tipo de secreción dispuesta en esta región.

En relación a las células que componen el epitelio de los conductos existen similitudes y diferencias:

La célula principal (cP), presente en todos los conductos muestra una gran actividad secretora, que se identifica por el aspecto finamente granuloso de su citoplasma (Fig. 22).

Se ha hablado de una célula apical (cA) que ocupa la región del segmento inicial, cuyo núcleo en una disposición hacia la luz ha ayudado a su identificación (Fig. 18). Sun y Flickinger (1980), opinan que es una forma de las células principales y no un tipo diferente. Sin embargo, las células delgadas, que también son apicales y tienen una función de absorción, no fueron vistas en nuestra especie.

Las células claras (cCl) de aspecto variable y características de la región caudal del epidídimo, están constituidas por gránulos glucolipídicos y

lipídicos (Figs. 27 a 29), Hamilton (1975), propone que son las principales productoras del glycerophosphorylcholine (GPC), que es importante para mantener un efecto estabilizante en el espermatozoide.

Un tipo celular que no fué posible distinguir en el epitelio del conducto deferente, es la llamada célula lápiz, localizada apicalmente y con forma de copa (Hamilton, 1975). Se ha observado en rata y en humano, considerándose en éste último, como una célula degenerada.

Sería muy interesante poder describir un ciclo completo del epitelio seminífero en N. a. alstoni y verificar de manera más profunda sus características propias y sus similitudes y diferencias con otras especies.

En la bibliografía no se habla de un ciclo estacional en roedores, que pudiera influir en la producción de espermatozoides o que ocasione cambios a nivel del epitelio y conductos. Lo que sugiere que un estudio histológico que precise los tipos celulares y se complemente con un estudio estacional, sería otra de las principales tentativas para continuar este trabajo.

En mi opinión, este tema, a pesar de ser extenso y complejo, es fascinante y deja abiertas muchas opciones para profundizar el estudio de la histología y fisiología de esta especie y extenderlo a otras.

BIBLIOGRAFIA.

- Baird, D.T. 1972. *Reproductive Hormones*. En: Austin, C.R. y Short, R.V. *Reproduction in Mammals*. Cambridge Univ. Press, London. Vol. 3. pp. 1-27.
- Bellvé, A.R., Cavicchia, J.C., Millette, C.F., O'Brien, D.A., Bhatnagar, Y.M. y Dym, M. 1977. *Spermatogenic cells of the prepuberal Mouse. Isolation and Morphological Characterization*. *J. Cell Biol.* 74: 86-97.
- Brandes, D. 1974. *Fine structure and Cytochemistry of Male Sex Accessory organs*. En: Brandes, D. *Male Accessory sex organs. Structure and Function in Mammals*. Academic Press Inc. New York. pp. 18-44.
- Christensen, K.A. 1975. *Leydig cells*. En: Hamilton, D.W. y Greep, R.O. *Handbook of Physiology*. American Physiological Society, Washington, D.C. Vol. V, Sec. 7. pp. 57-93.
- Eftman, H. 1963. *Sertoli cells and testis structure*. *Am. J. Anat.* 113: 25-32.
- Estrada, E.F., Peralta, L. y Rivas, P.M. 1982. *Manual de Técnicas Histológicas*. Act. Ed. S.A. México. 7 y 139.
- Fawcett, D.W. 1975. *Ultrastructure and function of the Sertoli cells*. En: Hamilton, D.W. y Greep, R.O. *Handbook of Physiology*. American Physiological Society, Washington, D.C. Vol. V, Sec. 7 pp. 21-55.
- González Romero, A. 1980. *Roedores plaga en las zonas agrícolas del D.F.* Instituto de Ecología, México. pp. 83.
- Hamilton, D.W. 1975. *Structure and function of the epithelium lining the ductuli efferentes, ductus epididymidis, and ductus deferens in the rat*. En: Hamilton, D.W. y Greep, R.O. *Handbook of Physiology*. American Physiological Society, Washington, D.C. Vol. V. Sec. 7. pp. 259-301.
- Hodgson, Y.M., Inly, D.C., Kerr, J.B. y Kretser, D.M. 1979. *Studies of the structure and function of the Sertoli cell in a seasonally breeding rodent*. *Biol. Reprod.* 21: 1091-1098.
- Johnson, M.H. y Everitt, B.J. 1980. *Essential Reproduction*. Blackwell Scientific Publications, London.

- Leblond, C.P. y Clermont, Y. 1952. Definition of the stages of the cycle of the seminiferous epithelium in the rat. *Am. NY. Acad. Sci.* 55: 548-573.
- Lesson, T.S. 1975. Smooth muscle cells in the rat testicular capsule: A developmental study. *J. Morphol.* 142 (2): 171-185.
- Monesi, V. 1972. Spermatogenesis and spermatozoa. En: Austin, C.R. y Short, R.V. *Reproduction in Mammals*. Cambridge Univ. Press, London. Vol. 1. pp. 49-88.
- Phillips, D.M. 1975. Mammalian sperm structure. En: Hamilton, D.W. y Greep, R.O. *Handbook of Physiology*. American Physiological Society, Washington, D.C. Vol. V, Sec. 7. pp. 405-419.
- Ramón y Cajal, S. y De Castro, F. 1972. *Elementos de Técnica Micrográfica del Sistema Nervioso*. 2a. Ed. Salvat, S.A. Barcelona. pp. 102-122.
- Roosen-Runge, E.C. 1952. Kinetics of spermatogenesis in Mammals. *Ann. NY. Acad. Sci.* 55: 574-584.
- Sethell, B.P. y Waite, G.M.H. 1975. The blood-testis barrier. En: Hamilton, D.W. y Greep, R.O. *Handbook of Physiology*. American Physiological Society Washington, D.C. Vol. V, Sec. 7 pp. 143-172.
- Steinberger, E. y Steinberger A. 1975. Spermatogenic function of the testis. En: Hamilton, D.W. y Greep, R.O. *Handbook of Physiology*. American Physiological Society, Washington, D.C. Vol. V, Sec. 7 pp. 1-19
- Sun, E.L. y Flickinger, C.J. 1980. Morphological characteristics of cells with apical nuclei in the initial segment of the adult rat epididymis. *Anat. Rec.* 196 (3): 285-293.
- Williams, S.L. y Ramirez Pulido, J. 1984. Morphometric variation in the volcano mouse, Peromyscus (Neotomodon) alstoni (Mammalia: Cricetidae). *Ann. of Carnegie Museum*.
- Williams, S.L., Ramirez Pulido, J. y Baker, R. 1985. Mammalian Species Peromyscus alstoni. *The American Society of Mammalogist*. pp. 1-4.