

Desarrollo y madurez testicular del charal *Chirostoma humboldtianum* (Pisces: Atherinidae), del embalse Huapango, Edo. de México

¹Esther Uria G.,
²Ma. Eugenia Moncayo L. y
¹Rosalía Garibay G.

¹Departamento de Morfología, Esc. Nal. de Ciencias Biól., IPN. Carpio y Plan de Ayala, Col. Sto. Tomás, México D. F. C. P. 11-340.

²Departamento de Zoología, Esc. Nal. de Ciencias Biól., IPN. Carpio y Plan de Ayala, Col. Sto. Tomás, México D. F. C. P. 11-340.

Uria, G. E., M. E. Moncayo L. y R. Garibay G., 1998. Desarrollo y madurez testicular del charal *Chirostoma humboldtianum* (Pisces: Atherinidae), del embalse Huapango, Edo. de México. *Hidrobiológica* 8 (1): 9-18.

RESUMEN

Se describe la estructura histológica del testículo de *Chirostoma humboldtianum*, en las diferentes etapas de madurez gonádica y se identifica que es de tipo espermatogonial restringido. El desarrollo de las células germinales es sincrónico dentro del cisto que es rodeado por la célula de Sertoli. Dentro del túbulo, los cistos presentan desarrollo asincrónico, los más maduros se localizan hacia los conductos eferentes. Se comparan los estadios de madurez gonadal anatómico e histológico, en relación con la edad de los ejemplares y la época del año.

Palabras clave: Madurez testicular, anatomía e histología; *Chirostoma humboldtianum*; Atherinidae.

ABSTRACT

The histological structure of the *Chirostoma humboldtianum* testis on different gonad maturity stages is described. The pattern corresponds to the type known as restricted spermatogonial testis. The development of the germ cells takes place at the same time in the cysts, these are surrounding by the Sertoli cell. Inside testis tubules the cysts present an asynchronic development. Mature cysts are located in efferent ducts. Mature stages are anatomical and histological compared in relation with year seasons and specimens age.

Word keys: Testicular maturity, anatomy and histology; *Chirostoma humboldtianum*; Atherinidae.

INTRODUCCIÓN

En los estudios sobre el ciclo de vida de los peces en México, es relativamente frecuente encontrar trabajos anatómicos sobre madurez gonádica, pero las aportaciones histológicas son todavía escasas, entre éstas encontramos el trabajo sobre *Opisthonema libertate* de Páez (1976), el de *Engraulis mordax mordax* de Tapia *et al.* (1988) con aspectos de maduración gonádica, ciclo reproductivo y fecundidad e incluye una escala morfocromática de madurez

para dicha especie; para *Sphoeroides annulatus*, Gomar (1984) describió el ovario y Durán (1985) el testículo; por último, el trabajo de Martínez y González (1986) sobre *Arius melanopus* y *Bardiella ronchus*, en donde se establece la clasificación de madurez gonádica para hembras y machos.

Estudios recientes sobre la estructura y ultraestructura de las gónadas de peces, describen formas hermafroditas, como es el caso de Cole y Shapiro (1990) que se refieren a los gobidos y Fishelson (1992) a los murénidos, encontrándose

diversas formas de la estructura hermafrodita; Rasotto *et al.* (1992) describen la presencia de un cuerpo yuxtatesticular en los opistognatidos.

Uno de los grupos que ha despertado especial interés respecto al estudio de la estructura testicular, es el de los ateriniformes, especialmente en los grupos con fecundación interna.

Grier *et al.*, (1980) y Grier (1981) establecen la identidad y la homología de las células de Sertoli, de Leydig y las de límite del testículo de teleósteos con las de mamíferos y describen que en los peces el testículo puede ser de dos tipos: espermatogonial restringido o no restringido. En el primer caso las espermatogonias se encuentran restringidas al extremo distal del túbulo ciego, en donde rodeadas por la célula de Sertoli (con función esteroideogénica) forman el cisto y dentro de éste se lleva a cabo la espermatogénesis. Los mismos autores refieren para los teleósteos que, cuando los procesos de las células de Sertoli que forman la pared del cisto se separan, la luz de éste y la del conducto se hacen continuas y los espermatozoides maduros se liberan y entran a la luz del conducto eferente; se indica también que las células de Sertoli tienen la capacidad de fagocitar a los cuerpos residuales del cisto y de transformarse en células del conducto eferente.

El intersticio está formado por fibras del tejido conjuntivo y células, entre éstas están las células de Leydig, con función esteroideogénica; la cantidad, lipofilia y distribución de éstas es específica.

El mismo autor menciona que abajo de la membrana basal del túbulo se encuentra a las células de límite (no esteroideogénicas), éstas no rodean completamente al túbulo, estructuralmente son similares a las células de límite descritas como mioides en el testículo de los mamíferos y como células adventicias en el testículo humano, Ross *et al.* (1992).

Grier en 1984 estudia la estructura testicular de *Horaichthys stenai* un aterinomorfo en donde se forma un espermatóforo; Grier Fitzsimons y Linton (1978) describen diferencias importantes en el origen y estructura del testículo y aparato genital masculino entre goodeidos y pecílidos; Grier, Burns y Flores (1981) encuentran que en la estructura testicular de anablépidos y jenisidos el espermatozeugmata se ha perdido y los espermatozoides son nuevamente libres; Grier y Collette (1987) señalan que en *Zenarchopterus*, un hemiramfido, el espermatozeugmata es especialmente largo y el tejido espermatogénico se localiza en dos partes.

Desarrollo de las células gametogénicas

Zanuy y Carrillo (1987) describen los siguientes tipos:

a) Sincrónico. En este tipo de gónada, todas las células gametogénicas están en el mismo estadio de desarrollo, es propio de aquellas especies que desovan una sola vez en su vida.

b) Sincrónico por grupos. En este caso las gónadas presentan al menos dos grupos de células en diferente estadio de desarrollo; éste se presenta en peces que se caracterizan por tener un intervalo de puesta relativamente corto.

c) Asincrónico. Las gónadas contienen células en todos los estadios de desarrollo, es característico de peces con una amplia época de reproducción.

Criterios para Determinar los Estadios de Madurez Gonádica

Para determinar el estadio de madurez gonádica en los peces existen varias escalas que emplean sólo criterios anatómicos como son la talla del individuo, la proporción de espacio ocupado por la gónada en la cavidad abdominal y la expulsión del material sexual por medios mecánicos; Solórzano (1961), elaboró una para *Chirostoma bartoni*. Este tipo de estudios son importantes en biología pesquera, pero no describen la forma en que se lleva a cabo la maduración de las células germinales y tampoco permiten determinar con exactitud el estadio de madurez y menos aún la estructura y el desarrollo de la gónada. Por ello, se recomienda utilizar los criterios anatómico e histológico, para describir con mayor precisión el tipo de estructura y desarrollo de la gónada y comprender así la biología de la especie.

Sobre el Género *Chirostoma*

El género *Chirostoma* está constituido por diversas especies conocidas con los nombres comunes de charal, charal negro, boquerón y pescado blanco; éstas tienen gran importancia y tradición en el mercado y consumo regionales (Rosas 1981).

Este género es endémico de las aguas dulces de México, se originó de formas marinas que invadieron la zona central del país y por radiación adaptativa se diferenciaron. Los caracteres morfológicos como son el tamaño del cuerpo, la longitud de la mandíbula, los patrones de dentición y la presencia de tubos o canales en las escamas de la línea lateral, permiten distinguir a las diversas especies, Barbour (1973).

Dentro del grupo, *C. humboldtianum* (Valenciennes) es una de las especies con mayor área de distribución natural y parece haber dado origen a la mayoría de los otros miembros del grupo, Barbour (1973).

Los estudios sobre la población de *Chirostoma humboldtianum* del embalse Huapango, Edo. de México, forman parte del proyecto «Limnología de Embalses» dirigido por Moncayo (1986), obteniéndose las siguientes aportaciones sobre los aspectos biológicos: crecimiento, edad y madurez gonádica (estudio anatómico) de los machos por Téllez (1983) y de las hembras por Flores 1985 y los de alimentación por Gámez (1984).

En el estudio de Téllez (1983), se establecieron los grupos de edad de acuerdo con la presencia de anillos en las escamas y se determinó la madurez gonádica de acuerdo con la escala de Solórzano (1961), en donde el estadio VI de madurez corresponde con aquellos individuos que al ser presionados ligeramente en el abdomen dejan salir gotas de semen.

Los resultados de la misma autora, indican que la longitud máxima promedio de los machos de esta población es de 173.5 mm y que algunos individuos de sólo 60 mm de longitud total emitieron gotas de semen al ser ligeramente presionados en el abdomen y se clasificaron en el estadio VI de madurez gonádica.

En este estudio, se describe la estructura histológica del testículo de *Chirostoma humboldtianum* en diversas etapas del desarrollo gonadal y se establece la escala de madurez correspondiente. Se relacionan las determinaciones anatómica e histológica de madurez gonádica, asociándolas con la edad de los animales y la época del año.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material del presente trabajo fue obtenido como parte de los estudios del proyecto «Limnología de embalses» de Moncayo (1986). La recolecta fue mensual durante un año. Los datos de edad, talla y madurez gonádica a nivel macroscópico de los individuos fueron obtenidos por Téllez, (1983). Para este estudio se usaron submuestras bimensuales del mismo material, éstas cubren las diferentes épocas del año y están constituidas por 47 organismos de distintas tallas y edades de la población capturada. Tabla 1.

Para este estudio el material se fijó en líquido de Bouin inmediatamente después de la recolecta; en el laboratorio se procesó de la siguiente forma:

a) Las gónadas bien diferenciadas se separaron del individuo y se cortaron en 3 porciones.

b) En individuos pequeños, en donde no fue posible diferenciar a la gónada, se incluyó toda la región abdominal del animal, de las aletas pectorales al inicio de la aleta anal.

Las muestras se lavaron con alcohol de 70 hasta eliminar el fijador, se deshidrataron, transparentaron e incluyeron en parafina, los cortes de 8 μ m, se tiñeron con las técnicas de coloración de hematoxilina-eosina, tricrómica de Gallego, Fernández *et al.* (1985) y tricrómica de Masson, Gabe (1968). El tamaño de las células descritas corresponde con el promedio de 500 células de cada tipo (espermatogonias, espermatoцитos primarios y secundarios, espermátidas y espermatozoides). Las fotografías se obtuvieron con un fotomicroscopio Reichert-Jung modelo Polivar.

RESULTADOS

Descripción Anatómica del Testículo de *Chirostoma humboldtianum*

Los testículos de esta especie, como en otros teleosteos, son órganos pares, alargados, compactos; se encuentran localizados en la región dorsal de la cavidad abdominal, conforme se desarrollan, cubren al tubo digestivo y llegan a ocupar la mayor parte de la cavidad abdominal. Anatómicamente son de aspecto lanceolado, contorno irregular, consistencia flexible y suave, en los estadios de madurez II al V son de color blanco ligeramente cremoso; el ejemplar más pequeño (35 mm de longitud total) no fué posible caracterizarlo anatómicamente, pero histológicamente se identificó como estadio I, Tabla 1. Ambos testículos se unen por el extremo posterior y los productos salen por el conducto principal al poro urogenital.

Descripción Histológica del Testículo de *Chirostoma humboldtianum*

a) Descripción general.

Los testículos están revestidos por la cápsula o túnica albugínea (TA, Fig. 2, A y B) delgada, de tejido conjuntivo denso e irregular con escasas fibras colágenas, fibroblastos (FC, FB, Fig. 1, B) y células pigmentarias (PG, Fig. 3, B); dicha cápsula se proyecta hacia el interior de la gónada y forma los septos que dividen al testículo en lóbulos (L, Figs. 3 y 4, A).

Los lóbulos son de aspecto irregular, están constituidos por túbulos cuya longitud depende del estadio de madurez, en conjunto forman el elemento tubular del testículo (T, Fig. 2 y 3, A y B). Entre los túbulos se encuentran los vasos sanguíneos (VS, Fig., 2 A y B) y las células pigmentarias (PG, Fig. 3, B). Los túbulos están delimitados por la mem-

Tabla 1. Relación entre las determinaciones de madurez gonádica anatómica e histológica con la edad de los ejemplares de *C. humboldtianum* estudiados y la época del año.

Determinación macroscópica del estadio gonádico	*Mes	No. de ejemplares	*Long. total mm	Edad	Determinación microscópica del estadio gonádico
No se identifica la gónada	Mayo	1	35	0+	I
I	Septiembre	1	60	0+	III
II	Enero	1	68	0+	II
III	Julio	1	83	0+	III
	Septiembre	4	64-94	0+	III y IV
	Noviembre	2	78 y 79	0+	III y IV
		1	75	0+	V
IV	Enero	4	85-95	0+	III
	Julio	1	75	0+	II
		2	73 y 80	0+	III y IV
	Noviembre	1	100	0+	III
V	Enero	1	93	0+	III
	Julio	1	92	0+	III
	Septiembre	1	120	1+	V
	Noviembre	1	95	0+	IV
VI	Marzo	6	103-126	1+ y 2+	III y IV
	Mayo	6	104-126	1+ y 2+	III y IV
	Julio	5	106-138	1+ y 2+	III y IV
	Noviembre	3	83-100	0+	III y IV
		3	88-95	0+	V
		1	103	1+	III

*Modificado de A. Téllez (1983).

brana basal ésta a su vez está rodeada por escaso tejido conjuntivo. Los túbulos se disponen en forma radial en relación con los conductos de salida o eferentes (CE, Figs. 2 y 3, A y B) los cuales conducen a los espermatozoides (EZ, Figs. 1, B, 3 y 4, A y B) al conducto principal (CP, Figs. 4, A y B).

Con fines descriptivos cada túbulo fué dividido en los tercios: distal, medio y proximal. El primero de ellos se localiza hacia la parte del túbulo que colinda con el tejido conjuntivo intertubular, el último se encuentra hacia el conducto eferente. La luz de los túbulos se observa en la región que corresponde al tercio proximal; en el interior se aprecia a los espermatozoides recién formados.

Cada túbulo tiene numerosos cistos (C, Figs. 1 A y B; 3, A) asincrónicos, Zanuy, *et al.* (1987), delimitados por la célula de Sertoli (CS, Fig. 1, A y B). En el cisto las células

se desarrollan sincrónicamente, por lo cual, unos presentan espermatogonias (EPG, Figs. 1, A y 2 A y B), otros espermatocitos primarios o secundarios (EP1 y EP2, Fig. 1, A y B), otros mas espermátides (ESP, Fig. 1, A y B) o espermatozoides (EZ, Fig. 1, B; 3, A y B).

Conforme se alcanza la madurez gonádica los cistos se abren hacia los conductos eferentes y vacían el contenido espermático. En esta etapa, los conductos eferentes se expanden y se unen entre sí y al conducto principal, éste es amplio, de forma contorneada y se localiza al centro de la gónada, está revestido de epitelio cilíndrico y se continua hasta unirse al poro urogenital.

En el tejido intersticial del testículo de los vertebrados se presentan las células de Leydig, y en peces éstas han sido discutidas por Grier *et al.* (1980) y Grier (1981). En este estudio, también se observaron varios tipos de células



Fig. 1 Testículo de *C. humboldtianum*. A. Se observan cistos (C) con espermatogonias (EPG), células de Sertoli (CS), espermatocitos primarios y secundarios (EP, y EP₂), y espermatídas (ESP) Tec. H-E. 125x. B. Células de Sertoli (CS), espermatídas (ESP), espermatocitos secundarios (EP₂), fibroblastos (FB), fibras colágenas (FC), los espermatozoides (EZ) maduros, se disponen en forma de ramillete dentro del cisto. Tec.H-E . 125x.

en el tejido intersticial, se infiere que algunas de éstas pueden corresponder con las células de Leydig. Estudios posteriores permitirán confirmar la identidad de estas células.

b) Características Morfológicas de las Células del Cisto Testicular.

Espermatogonias. En promedio miden 7 μm , se localizan en cistos próximos a lo que Cormack (1988) llama la lámina lúcida de la membrana basal, en la parte distal de los túbulos, esto confirma que este testículo, es de tipo espermatogonial restringido. Las espermatogonias son las células más grandes, tienen citoplasma escaso y acidófilo, presentan un núcleo grande localizado en posición central, con la cromatina poco condensada y nucléolo prominente (Figs. 1, A y 2, A y B). En esta especie las espermatogonias se presentan en todos los estadios de madurez gonádica.

Espermatocitos Primarios (Fig. 1, A). Son células de 3.5 μm en promedio, el núcleo presenta la cromatina de

aspecto reticular; el citoplasma es basófilo. Se localizan en cistos a continuación de los que presentan espermatogonias y hasta el tercio medio del túbulo. Los testículos con menor desarrollo gonádico presentan mayor cantidad de espermatoцитos primarios. A medida que el desarrollo celular continua se forman los espermatoцитos secundarios.

Espermatocitos Secundarios (Fig. 1, A y B). Son células que miden en promedio 2.8 μm , el núcleo es de forma poliédrica; su cromatina está muy condensada y el citoplasma es acidófilo.

Espermatídas (Fig. 1, A y B). Se encuentran en cistos localizados hacia el tercio proximal de los túbulos, son células que miden en promedio 2.1 μm , el núcleo redondeado y pequeño está desplazado hacia un extremo de la célula, el citoplasma es acidófilo y escaso.

Espermatozoides (Figs. 1, B; 3 y 4, A y B). Dentro del cisto los espermatozoides forman grupos compactos, en algunos casos se les observa con la cabeza dirigida hacia la parte ciega del túbulo, en otros, las cabezas se orientan hacia el conducto eferente, como si realizaran un giro de 180°. El núcleo del espermatozoide es excéntrico y se tiñe intensamente, la cabeza mide en promedio 1.4 μm , la cola es acidófila.

c) Escala Histológica de Madurez Gonádica del Testículo de *Chirostoma humboldtianum*.

Para establecer los estadios de madurez gonádica se tomaron en cuenta los criterios propuestos por Grier (1981), Tapia *et al.* (1988) y Martínez *et al.* (1986), obteniéndose, los siguientes resultados:

Estadio I, Proliferación Espermatogonial o Juvenil (Fig. 2, A y B). El testículo rodeado por la túnica albugínea está constituido por los túbulos que presentan un sólo tipo celular, las espermatogonias son grandes y con el núcleo y nucléolo conspicuos. Grier *et al.* (1980) describen que en este estadio las células de Sertoli empiezan a rodear a las espermatogonias. Los conductos eferentes presentan epitelio cúbico simple y el calibre de estos es mínimo y sin espermatozoides.

Estadio II, Espermatogénesis Temprana (Fig. 3, A). Los lóbulos están ocupados en la mayor parte por los túbulos, hacia el extremo distal de éstos los cistos presentan espermatogonias, en la parte media se observa a los espermatocitos primarios y secundarios, los cuales predominan en esta etapa; en la parte proximal se encuentran escasas espermatídas y espermatozoides. El calibre de los conductos eferentes y principal aumenta ligeramente y presenta escasos espermatozoides.

Estadio III, Espermatogénesis Tardía (Fig. 3, B). Dos tercios de los lóbulos están ocupados por los túbulos, éstos en la parte distal presentan cistos con espermatogonias, en el tercio medio tienen espermatocitos y en el proximal espermátides y espermatozoides. El calibre de los conductos eferentes y principal es mayor y ocupa un tercio del lóbulo; se incrementa el número de espermatozoides en los conductos.

Estadio IV, Madurez Funcional o Espermiogénesis (Fig. 4, A). Los túbulos están más reducidos que en el estadio anterior, en la parte distal presentan algunos cistos con espermatogonias, a continuación algunos cistos contienen espermatocitos y espermátides, pero la mayoría se observa con espermatozoides. El diámetro de los conductos eferentes y principal aumenta considerablemente y presenta abundantes espermatozoides.

Estadio V, Expulsión (Fig. 4, B). Los túbulos ocupan menos de un tercio del lóbulo, los cistos escasos, contienen espermatogonias, espermatocitos, espermátides y espermatozoides. Los conductos eferentes y principal muy desarrollados se encuentran llenos de espermatozoides.



Fig. 2 Testículo de *C. humboldtianum*. Estadio histológico I de madurez gonádica. Se observan los túbulos (T) con espermatogonias (EPG), rodeados por la túnica albugínea (TA). Al centro se distingue un vaso sanguíneo (VS) y los conductos eferentes (CE), éstos presentan epitelio cúbico. Tec. H. E.A 40X; B 50 X.

Estadio VI, Posreproductivo. No se observó, por tanto no se describe.

d) Estadios Histológicos de Madurez Gonádica.

De los 47 ejemplares analizados histológicamente sólo un ejemplar corresponde al estadio I de madurez (mayo); 2 son del estadio II (enero y julio); 26 al estadio III y 13 al estadio IV; los dos últimos estadios se encontraron durante todo el ciclo estudiado; otros 5 ejemplares más son del estadio V (septiembre y noviembre), (Tabla 1).

e) Relación entre las Determinaciones Anatómicas de Campo y Laboratorio con las Histológicas, Edad Estimada de los Ejemplares y Época del Año (Tabla 1).

Un ejemplar del mes de mayo, de 35 mm de longitud total, fue determinado macroscópicamente como indiferenciado y de edad 0+ (Téllez, 1983); en este estudio, el mismo ejemplar, se identificó como macho, en estadio I de madurez gonádica; la misma autora identificó a otros dos pececillos, de 60 y 68 mm de longitud total, edad de 0+, de los meses de septiembre y enero, en los estadios de madurez gonádica I y II respectivamente; en este estudio el primero de éstos animales corresponde al estadio histológico III lo cual indica una gónada pequeña con espermatogonias, espermatocitos, espermátidas y espermatozoides; en el segundo caso el estadio fue II. Esto indica que en individuos de 35 mm de longitud total, aunque es difícil observar a la gónada a simple vista, ésta ya está diferenciada y próxima a iniciar la división celular y a incrementar el volumen.

De los 16 pececillos clasificados por Téllez (1983), en los estadios anatómicos III y IV de madurez gonádica, de edad 0+ y de 64 a 100 mm de longitud total, capturados en los meses de enero, julio, septiembre y noviembre; en este trabajo, catorce fueron clasificados en los estadios histológicos III y IV; los otros dos de 75 mm de longitud total, corresponden a los estadios histológicos II y V, el primero es del mes de julio, el otro es de noviembre. Esto permite observar que en animales con una gónada de tamaño regular, que no emiten semen al ser ligeramente presionados en el vientre, las determinaciones anatómica e histológica del desarrollo gonádico generalmente coinciden, aunque puede haber excepciones en donde el estadio de madurez histológica sea más o menos avanzado.

En el estudio de Téllez (1983), los estadios anatómicos V y VI estuvieron representados por 28 ejemplares; de éstos, 24 fueron identificados histológicamente en los estadios III y IV de madurez gonádica, son de edad 0+, 1+ y 2+, de 83 a 138 mm de longitud total y corresponden a los meses de enero, marzo, mayo, julio y noviembre. Los otros cuatro

ejemplares histológicamente corresponden al estadio V, uno de estos peces midió 120 mm de longitud total y de edad 1+ y se colectó en el mes de septiembre; los otros tres son de 88 a 95 mm de longitud total, edad 0+ y del mes de noviembre.

En este caso, tanto los ejemplares grandes de edad 1+ y 2+ y de 103 a 138 mm de longitud total, como los de edad 0+ y 83 a 100 mm de longitud total fueron identificados histológicamente en los estadios III y IV. Esto se debe a que, aunque los pececillos no han alcanzado la máxima madurez gonádica, los espermatozoides y seguramente el líquido seminal presentes en el conducto principal, son emitidos al exterior al presionar el vientre del animal. También se encontraron individuos que antes del primer año de vida, en el mes de noviembre del año en que nacieron, alcanzan el máximo desarrollo gonádico, tanto anatómico como histológico.

DISCUSIÓN

Los testículos de *Chirostoma humboldtianum* son órganos pares, de aspecto lanceolado, color blanco ligeramente cremoso, están cubiertos por una túnica albugínea semejante a la de los mamíferos. En la talla de 35 mm, las gónadas masculinas son tan pequeñas que es difícil observarlas macroscópicamente; sin embargo, la gónada está presente y corresponde al estadio I de madurez gonádica histológica.

De acuerdo con los estudios de Grier *et al.* (1980) y Grier (1981) el testículo de los aterinomorfos está formado por dos elementos: el tubular y el intersticial.

En *Chirostoma humboldtianum* la túnica albugínea está formada por tejido conjuntivo denso e irregular, fibras colágenas, fibroblastos y células pigmentarias, aunque en menor proporción que en los mamíferos. Se menciona que las células pigmentarias protegen de la luz ultravioleta a la piel de los mamíferos, Cormack (1988); en este caso, pueden tener también alguna función de protección para la gónada. La túnica albugínea se proyecta al interior de la gónada y forma los septos que dividen al testículo en lóbulos, éstos últimos, presentan numerosos túbulos ciegos dispuestos radialmente en relación con los conductos de salida o eferentes, éstos se unen posteriormente al conducto principal, en conjunto forman el elemento tubular. La longitud de los túbulos depende del estadio de madurez gonádica.

Los túbulos en *Chirostoma humboldtianum* están formados por diferentes cistos, cuyo desarrollo es



Fig. 3 Testículo de *C. humboldtianum*. A. Estadio histológico II de madurez gonádica. Los lóbulos (L) presentan túbulos (T), cistos (C) y los conductos eferentes (CE). El número de espermatozoides (EZ) es reducido. Tec. H-E. 12.5X. B. Estadio histológico III de madurez gonádica. Los lóbulos (L) presentan túbulos (T), cistos (C), conductos eferentes (CE) y células pigmentarias (PG). Se presenta mayor número de espermatozoides. Tec. H-E 12.5X.

asincrónico; dentro de cada cisto el desarrollo de las células gametogénicas es sincrónico. Los cistos están delimitados por la célula de Sertoli, coincidiendo con Grier *et al.* (1980) quienes mencionan que las células de Sertoli envuelven a los diferentes tipos celulares y forman los cistos.

Conforme se alcanza la madurez gonádica, los túbulos se reducen al tercio distal del lóbulo, el calibre de los conductos eferentes se incrementa notablemente, los diversos conductos se unen al principal y se produce la espermiación (los cistos maduros se abren y los espermatozoides entran al conducto eferente). En este caso no se observó que las células de Sertoli pasen a formar parte del conducto eferente como lo describe Grier (1980).

En el intersticio (tejido conjuntivo) se identifican vasos sanguíneos, células pigmentarias y otras células que pueden corresponder a las de Leydig; las células de límite no se observaron; por medio de otras técnicas y con ayuda de la microscopía electrónica deberá confirmarse la identificación y naturaleza de las diferentes células.



Fig. 4 Testículo de *C. humboldtianum*. A. Estadio histológico IV de madurez gonádica. Los túbulos (T) se retraen hacia la pared del lóbulo (L). Los espermatozoides (EZ) en el conducto principal (CP) son numerosos. Tec. H-E. 12.5x. B. Estadio histológico V de madurez gonádica. Los túbulos (T) están muy reducidos, el conducto principal (CP) es muy amplio y presenta abundantes espermatozoides maduros (EZ). Tec. H-E 32X.

El testículo de *C. humboldtianum* presenta un sólo tipo de espermatogonias, éstas se dividen mitóticamente varias veces, tal y como lo describe Grier *et al.* (1978) en otros ateríniformes; en *Perca flavescens* Turner (1917) describe cinco tipos y en *Poecilia reticulata* Billard (1969) detalla 14 tipos; es posible que estos últimos autores, describan como tipos diferentes, lo que en realidad corresponde sólo a las distintas etapas de la división mitótica, de estas células. Por otra parte, las espermatogonias solamente se encuentran en los cistos próximos a la lámina lúcida de la membrana basal, hacia la parte distal del túbulo, por lo que coincide con la clasificación dada por Grier *et al.* (1981) para algunos ateríniformes, en que el testículo en este grupo es del tipo espermatogonial restringido.

Los espermatozoides primarios, secundarios, espermátides y espermatozoides de *Chiostoma humboldtianum* coinciden con las descripciones dadas por Turner (1917), Hoar (1969), Billard (1969), Grier *et al.* (1980) y Griet (1981).

Los espermatozoides maduros dentro del cisto se presentan en unos casos con las cabezas apuntando hacia

la parte ciega del túbulo, en otros las cabezas apuntan hacia el conducto eferente, dando la impresión de haber dado un giro de 180°, posteriormente se liberan del cisto y entran a los conductos eferentes, coincidiendo con lo observado por Grier *et al.* (1980) y Grier (1981).

Como se indicó anteriormente al describir a las células, en este estudio, se identifican cinco estadios histológicos de madurez gonádica, éstos se diferencian de acuerdo con la etapa de desarrollo de las células, el tamaño de los túbulos, el calibre de los conductos eferentes y principal y la cantidad de espermatozoides presentes en los conductos eferentes y principal.

Se considera importante revisar, para este tipo de organismos, la determinación anatómica del estadio VI (Solórzano, 1961) o V (Nikolsky, 1976) de madurez gonádica, en ejemplares que expulsan algunas gotas de semen al ser ligeramente presionados en el vientre; en este caso, se demuestra la presencia de espermatozoides en los conductos eferentes, en los estadios histológicos del II al V de madurez gonádica.

Como es sabido el desarrollo de la gónada es fuertemente afectado por las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimentos, entre otros. En este caso, se observó que animales pequeños, de edad 0+ nacidos en la primera etapa del ciclo reproductivo, al inicio del año, pueden lograr un desarrollo gonádico máximo, en los últimos meses del año. En cambio, organismos grandes de edad 1+ y 2+, aunque emitan semen al ser presionados en el vientre pueden encontrarse en estadios medios de desarrollo gonadal o pueden estar al inicio de un nuevo ciclo de producción de material gonádico.

Los individuos de talla media y edad 0+, que no emiten semen al ser presionados en el vientre, identificados como estadios anatómicos III y IV, generalmente corresponden con estadios histológicos medios de madurez gonádica. Ocasionalmente, alguno de estos ejemplares puede corresponder a un estadio histológico II o V, esto indica una variación muy amplia en los individuos que presentan una gónada relativamente poco desarrollada. Esto puede relacionarse a la disponibilidad de alimento en el ambiente, la capacidad de cada individuo para capturarlo y la posible competencia intraespecífica generada por la escasez de alimento, como lo señaló Gámez (1984).

En este caso, la identificación del estadio I de madurez gonádica histológica correspondió a un individuo de 35 mm de longitud total y edad 0+, es necesario observar esto mismo en otros individuos de la misma talla y en otros menores.

En el estudio de Téllez (1983) sobre *C. humboldtianum*, se indicó que en esta población, la época de madurez gonádica es muy amplia, ahora se sabe que el desarrollo gonádico depende de múltiples factores, es sumamente variable y es posible que los espermatozoides puedan ser expulsados del testículo más de una vez al año.

Los estudios de crecimiento y la determinación de la edad de los ejemplares son importantes para interpretar adecuadamente los resultados de madurez gonádica, pues individuos clasificados anatómicamente en el estadio VI de madurez gonádica, pueden corresponder histológicamente con un menor grado de maduración.

Es necesario hacer estudios más detallados que permitan conocer mejor el estadio VI histológico no registrado en este estudio, determinar con mayor precisión si los individuos mayores pueden producir espermatozoides varias ocasiones al año y si un individuo puede reproducirse el mismo año en que ha nacido.

Es deseable también que en los estudios de madurez gonádica anatómicos se incluyan aspectos de campo, como observar las emisiones de semen, la densidad y motilidad espermáticas y corroborar los resultados con estudios histológicos, para conocer en forma más precisa el proceso de madurez gonádica.

LITERATURA CITADA

- BARBOUR, C. D., 1973. The Systematics and Evolution on the genus *Chirostoma* sp Swainson (Pisces, Atherinidae). *Tulane Studies in Zoology and Botany* 18 (3): 97-141.
- BILLARD, R., 1969. La Espermatogenesis de *Poecilia reticulata*. I. Estimation du nombre de generations goniales el rendement de la spermatogenesis. *Annual Biology Animal Biochemistry Biophysics* 9 (2): 251-271.
- COLE, K. S. y D. Y. SHAPIRO, 1990. Gonad structure and hermaphroditism in the Gobiid genus *Coryphopterus* (Teleostei:Gobiidae). *Copeia* (4): 996 - 1003.
- CORMACK K. H., D., 1988. Histología de Ham. Ed. Harla, México, 892 pp.
- DURÁN, M. C., 1985. Estudio histológico del testículo del pez *Sphoeroides annulatus*, Botete. *Tesis profesional*. UNAM., México. 33 pp.
- FERNÁNDEZ, H., N. MORA V. y E. URÍA G., 1985. *Compendio de histología para el curso de Histología Animal*. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México. 246 pp.
- FISHELSON, L., 1992. Comparative gonad morphology and sexuality of the Muraenidae (Pisces:Teleostei). *Copeia* (1): 197 - 209.
- FLORES R., L., 1985. Contribución al conocimiento de la biología de las hembras del charal *Chirostoma humboldtianum* (Val.) (Pisces:Atherinidae), del embalse Huapango, Edo. de México. *Tesis profesional*. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México. 50 pp.
- GABE, I., 1968. *Techniques Histologiques*. Masson et Cience. France. 1-1113 p.
- GÁMEZ, M. G. J., 1984. Análisis del contenido gastrointestinal del charal *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) de la zona N del Embalse de Huapango, Estado de México. *Tesis profesional* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, 52 pp.
- GOMAR, CH. D., 1984. Ovario del pez Botete (*Sphoeroides annulatus*) aspectos histológicos: *Tesis profesional*. UNAM., México. 50 pp.
- GRIER, H. J., 1981. Cellular Organization of the Testis and Spermatogenesis in Fishes. *American Zoology* (21): 345 - 357.
- GRIER, H. J., 1984. Testis structure and formation of spermatophores in the Atherinomorph Teleost *Horaichthys setnai*. *Copeia* (4): 833 - 839.
- GRIER, H. J., J. M. FITZSIMONS y J. R. LINTON, 1978. Structure and ultrastructure of the testis and sperm. Formation in goodeid teleosts. *Journal Morphology* (156): 413 - 438.
- GRIER, H. J., J. R. LINTON, J. F. LEATHERLAND y V. L. DE VLAMING, 1980. Structural evidence for two different testicular types in teleost fishes. *American Journal Anatomy* (159): 331 - 345.
- GRIER, H. J., J. R. BURNS y J. A. FLORES, 1981. Testis structure in three species of teleosts with tubular gonopodia. *Copeia* (4): 797 - 801
- GRIER, H. J. y B. B. COLLETTE, 1987. Unique spermatozeugmata in testes of halfbeaks of the genus *Zenarchopterus* (Teleostei: Hemiramphidae). *Copeia* (2): 300 - 311.
- HOAR, W. S., 1969. Reproduction. En: HOAR, W. S. y RANDALL, D. J. (Comps.). *Fish Physiology Academic Press*, Nueva York. III: 1 - 72.
- MARTÍNEZ M., I. y A. E. GONZÁLEZ S., 1986. Estadios de madurez gonádica y ciclo reproductor de los peces *Arius melanopus* Günther (Siluriformes:Ariidae) y *Bairdiella ronchus* Cuvier y Valenciennes (Perciformes:Scianidae) *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, Méx. 30:67 - 80.
- MONCAYO L., MA. E., 1986. Informe Técnico Final del proyecto «Limnología de embalses». *Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Politécnico Nacional* 15 pp.
- NAGHAMA, Y., 1983. The funcional morphology of teleost. En: Hoar (W. S., D. J. Randall., (Comps.). *Fish Physiology. Academic Press*. Nueva York. 223 - 275.

- NIKOLSKY, G. V., 1976. *The Ecology of Fishes*. A. C. Press. London. 1 - 352 pp.
- PÁEZ, F., 1976. Desarrollo gonadal, madurez, desove y fecundidad de sardina crínuda *Opisthonema libertate* (Günther) de la zona de Mazatlán, basados en el análisis histológico de la gónada. *Memorias del Simposio sobre recursos masivos de México*. Ensenada B. C. :207 - 253.
- RASOTTO, M. B., A. MARCONATO y D. Y. SHAPIRO, 1992. Reproductive apparatus of two jawfish species (Opisthognathidae) with Description of a juxtatesticular body. *Copeia* (4): 1046 - 1055.
- ROSS, M. H., E. J. REITH y L. J. ROMVELL, 1992. *Histología. Texto y Atlas Color*. Ed. Panamericana, Buenos Aires, Argentina. 749 pp.
- ROSAS, M., 1981. *Biología Acuática y Piscicultura en México. Serie de materiales didácticos en Ciencia y Tecnología del mar. SEP*. México. 373 pp.
- SOLÓRZANO, A., 1961. Contribución al conocimiento de la Biología del charal prieto del lago de Pátzcuaro (*Chirostoma bartoni*, Jordan y Everman, 1896). *Tesis prof.* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, 77 pp.
- TAPIA, O., C. E. COTERO A. y M. GARCÍA C., 1988. Determinación de madurez gonadal y fecundidad de anchoveta (*Engraulis mordax mordax*) de la subpoblación central. *Ciencia Pesquera*. Instituto Nacional de Pesca. Secretaría de pesca México (6):69-101.
- TÉLLEZ, A., 1983. Contribución al conocimiento de la Biología de los machos del charal *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) del embalse Huapango, Edo. México. *Tesis prof.* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México, 36 p.
- TURNER, L. C., 1917. The seasonal cycle in the spermary of the perch. *Journal Morphology*, 32: 681 - 711.
- ZANUY, S. y M. CARRILLO., 1987. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura. En: *Reproducción en acuicultura*. ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J. y U. LABARTA, (Comps). *Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura*. Madrid. 131 p.

Recibido: 22 de enero de 1997.

Aceptado: 11 de septiembre de 1997.