

CAMBIOS HISTOMORFOLOGICOS EN EL OVARIO DEL PEZ
CAPITAN, *EREMOPHILUS MUTISII* HUMBOLT 1805
(PISCES: TRICHOMYTERIDAE), DURANTE EL
CICLO REPRODUCTIVO ANUAL, EN LA LAGUNA
DEL MUÑA, SISTEMA RIO BOGOTA, COLOMBIA.

Plutarco Cala*

Nestor Gustavo Sarmiento**

SYNOPSIS

The principal aim of this investigation was to study the annual morpho-histological changes in the ovary of the fish capitán, *Eremophilus mutisii*, in the Río Bogotá basin in Colombia, with regard to the reproductive cycle, size of the mature fishes and seasonal changes in the environment. The fish material was collected monthly. The gonads were fixed in Bouin's fixative. Subsequently they were washed several times in 70% ethanol. Transversal sections of about 5 cm in length, each of which produced 10 slides with 10 or so sections per slide, were taken from the center to the anterior portion of the right ovary of each fish, since no macroscopic significant difference was observed in the oogenic process in the anterior, central and posterior portion of the ovary. The sections were dehydrated in tetrahydrofuran and embedded in paraffin. Sections were cut at 6 microns and stained with haematoxylin and eosin (H & E). The gonosomatic index (GSI) or maturity index (MI) was calculated.

There is not observed sexual dimorphism in *E. mutisii*. During the breeding season, however, the mature females are easily separated by

* Dirección actual: Department of Zoology, University of Lund, S-223 62 Lund, Sweden.

** Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, AA 23.227, Bogotá, Colombia.

the enlarged abdominal size and a more gold-yellowish color specially on the fish belly. The ovaries are paired. The weight of the ovaries exhibits seasonal variations. The GSI remains high during spawning months.

The post-ovulatory follicles appear in *E. mutisii* in May indicating that the spawning has started from this month onwards and their subsequent presence in June, July and August indicates the duration of spawning period. The number of post-ovulatory follicles in different months apparently shows that the rhythm of spawning in this fish population is relatively higher in June and July. Thus *E. mutisii* is an annual breeder and its spawning period extends from May to August in the Rio Bogotá basin. It also emerged that females capitán larger than 15 cm were mature.

The oogenic process of the *E. mutisii* is divided into 5 stages in the mature specimens, on the basis of the morpho-histological changes in the ovary:

The stage I oocyte. The cytoplasm stains highly basophilic with H & E. It is homogeneous and contains no vacuoles. The nucleus stains less basophilic than the cytoplasm and has from 1 to 20 or no peripheral nucleoli. The number of nucleoli increases with the size of the cell.

The stage II oocyte. The cytoplasm stains lightly basophilic with H & E. The nucleus stains less basophilic than the cytoplasm and contains many nucleoli. The nuclear membrane may become irregular in shape. The zona radiata develops. Vacuoles may appear in the cytoplasm.

The stage III oocyte. The cytoplasm stain increasingly acidophilic with H & E as yolk is deposited. Vacuoles are abundant in the cytoplasm. The nucleus, when visible in the cross section, is irregular in shape and has many nucleoli. The zona radiata thickens.

The stage IV oocyte. The cytoplasm is filled with yolk globules and stains highly acidophilic with H & E. Vacuoles are present in the periphery of the cytoplasm.

The stage V oocyte. This stage represents the atresic or degenerating oocyte. Not all the ripe eggs or oocytes are shed during the spawning. Those that remain in the ovary after spawning undergo atresia. The zona radiata disappears, and the follicular layer hypertrophies into long club-shaped cells with apical nuclei. These phagocytic cells engulf and digest the enclosed oocyte. Only stage IV or ripe oocytes appear to become atresic.

CONTENIDO

Introducción

El pez y su medio ambiente

Material y métodos

Observaciones

Oocitos en estadio I

Oocitos en estadio II

Oocitos en estadio III

Oocitos en estadio IV

Oocitos en estadio V

Ciclo reproductivo

Preovulación

Ovulación

Postovulación

Discusión

Resumen

Agradecimientos

Referencias

INTRODUCCION

Pocos estudios se han realizado sobre la histomorfología y ciclo anual de las gónadas de peces neotropicales. Dos publicaciones que describen estas estructuras en peces de agua dulce neotropicales se reportan en Blanco & Cala 1974 y Godhino et al. 1974. Con la creciente importancia de la piscicultura durante los últimos años el estudio de los ciclos gonadales de los peces ha asumido gran importancia. Estos estudios deben ser intensificados en la América Tropical, donde existe un gran número de especies y variedad de peces.

El fin principal de la presente investigación fue el estudio de los cambios morfohistológicos durante la oogénesis y el ciclo anual reproductivo del pez capitán, *Eremophilus mutisii*, en la Represa o Laguna del Muña, sistema del Río Bogotá, Colombia, y la correlación de estos cambios con el índice gonosomático (IGS) o índice de madurez (IM).

EL PEZ Y SU MEDIO AMBIENTE.

Este estudio se llevó a cabo en la Laguna o Represa del Muña, en la parte media del sistema del Río Bogotá, en el altiplano de Bogotá, Colombia, a una altitud de aproximadamente 2.600 metros.

La represa está severamente contaminada. La mayor parte de la contaminación entra a la represa a través de las aguas liberadas por el Río Bogotá, el cual está altamente contaminado por las aguas negras y desperdicios de alrededor de 5 millones de habitantes de la ciudad de Bogotá y desechos de las industrias del Distrito y alrededores de Bogotá. Además, restos de pesticidas usados en la agricultura en la sabana o altiplano de Bogotá, *e. g.* DDT y muchos hidrocarburos clorinados — incluso aquellos de uso prohibido en su país de origen y manufactura. El Río Bogotá y sus tributarios irrigan una de las áreas del país más desarrolladas y técnicamente cultivadas. Pero como si lo anterior fuera poco, la represa recibe directamente los desperdicios de las fábricas establecidas en su margen, *e. g.* Eternit e Icollantas. El uso principal de las aguas de la represa es para el funcionamiento de una planta hidroeléctrica cercana al Salto del Tequendama.

Determinados sedimentos del fondo consumen mucho oxígeno y pueden desempeñar un papel importante en el ciclo del oxígeno de un medio acuático léntico o lótico. Estos sedimentos pueden ser primarios, *i. e.* consisten de sustancias que a través de purificación incompleta fueron descargadas directamente en el lecho de la corriente de agua. Estos también pueden ser secundarios, *i. e.* originados por aglomeración de organismos vivos o por organismos muertos. Este fenómeno es muy común, especialmente en la parte media del Río Bogotá y en la Represa del Muña, y puede periódicamente dar origen a deficiencias de oxígeno y montones de fango. Durante el verano o período de sequía —diciembre a febrero— el nivel del agua de la represa desciende considerablemente, aumentando el olor concentrado de material orgánico en descomposición y la demanda bioquímica de oxígeno.

El capitán, *E. mutisii*, es un pez de hábito bentónico, propiedad que seguramente le ha permitido sobrevivir en medio extremadamente contaminados y con alta demanda bioquímica de oxígeno como es el caso de determinadas localidades del sistema del Río Bogotá.

Hay cierta tendencia, incluso de biólogos, a creer que la densidad de la población del capitán ha descendido debido a la competencia y predación de la trucha, *Salmo gairdnerii*, implantada en el sistema hidrográfico. Esta afirmación *a priori* no es correcta. La trucha requiere aguas de buena calidad y no puede sobrevivir en medios tan contaminados como la parte media del Río Bogotá, una vez recibidos los desperdicios y aguas negras de la ciudad de Bogotá. Por otra parte, donde hemos encontrado buenas poblaciones de trucha cohabitando con el capitán, la población de capitán ha sido una de las más bien establecidas cualitativas y cuantitativamente, *e. g.* en el Río y Represa de Tominé, donde la contaminación del agua es significativamente

menor. Desde un punto de vista técnico piscícola, se podría afirmar, con base en nuestras observaciones de campo, que *E. mutisii* y *S. gairdnerii* son dos especies con nichos ecológicos diferentes que les permiten coexistir y ser explotadas en el mismo sistema acuático, siempre y cuando que las condiciones físicas y químicas del medio sean adecuadas. No obstante, cierta interferencia interespecífica es natural.

E. mutisii es probablemente el bagre de mayor longitud en la familia *Trichomycteridae*. Los especímenes de mayor talla y peso coleccionados durante esta investigación — de un total de 150 individuos — fueron dos hembras que midieron 29,2 cm y 23,8 cm de longitud total y con peso de 42.6 g. y 92.0 g. respectivamente, Miles (1947:96) reporta una longitud hasta de 35 cm y Dahl (1971:71) hasta 50 cm. Este último dato parece ser poco común. *E. mutisii* probablemente representa un género monotípico, restringido a la cuenca del Río Bogotá y a las cabeceras del Río Suárez, más exactamente en el sistema de la Laguna de Fúquene, donde nace el Río Suárez, en el Valle de Ubaté y Chiquinquirá. Esta especie carece de las aletas pélvicas, carácter morfológico fundamental que separa este género monotípico de las especies más cercanas del género *Trichomycterus*.

MATERIAL Y METODOS

Los peces fueron coleccionados mensualmente, con anzuelo o atarraya, entre el 5 de mayo de 1972 y el 28 de junio de 1973. Los ejemplares fueron mantenidos vivos (menos de 36 horas) hasta su disección en el laboratorio. La longitud total del pez (extremo anterior del hocico al extremo posterior de la aleta cauda, lóbulos comprimidos) fue medida y aproximada al milímetro más inmediato. El peso del pez y de sus ovarios fue registrado y aproximado al décimo de gramo más cercano. Las medidas y pesos se tomaron sobre material fresco.

Gónadas de peces sexualmente maduros fueron removidas y fijadas en Bouin (5 partes formaldehído al 40%, 25 partes de ácido pícrico acuoso saturado y 1 parte de ácido glacial acético). Subsecuentemente el material fué lavado varias veces en etanol al 70%. Para remover más fácilmente el color del Bouin, se agregaron 2-3 gotas del amonio concentrado durante el primer lavado. Luego se hicieron secciones transversales de aproximadamente 5 mm de longitud, del centro hacia la parte anterior del ovario derecho de cada pez. A su vez, de cada una de ellas se cortaron 100 secciones que fueron montadas en 10 láminas. No se observó ninguna diferencia macroscópica significativa en el proceso oogenésico, entre la porción anterior, central y posterior del ovario, aunque la oogénesis parece iniciarse en la parte anterior del ovario. Las secciones se deshidrataron con tetrahydrofuran ($C_{14}H_8O$) y montaron en parafina. De cada sección se cortaron 100 cortes seriales de

6 micras y se montaron en 10 láminas que fueron coloreadas con hematoxilina y eosina. El índice gonosomático (IGS) o índice de maduramiento (IM) de Vladykov (1956), o índice de madurez de James (1946 según Pickford 1953), fué calculado para cada pez, y el promedio graficado por fechas (Tabl. 1 & Fig. A), Así:

$$\text{IGS} = \frac{\text{peso de la gónada}}{\text{peso total del pez}} \times 100$$

OBSERVACIONES

No se notó dimorfismo sexual definido en *E. mutissi*. Inmediatamente antes y durante el período reproductivo o de ovulación, sin embargo, las hembras son fácilmente separadas por el tamaño aumentado del abdomen y la coloración amarillo-dorada más intensa, principalmente en la región ventral. Los ovarios son pares, extendiéndose hacia atrás ventrolateralmente a la vejiga natatoria. Ocupan anteriormente aproximadamente 2/3 partes de la cavidad celómica y unidos dorsalmente a la pared de esta cavidad por el mesorquio.

El estudio histológico de los ovarios del capitán muestra que éstos atraviesan distintos cambios morfohistológicos de naturaleza cíclica y estacional. Con base en este estudio histológico durante el ciclo oogenésico anual en los ovarios de este pez, los siguientes estadios en la maduración de los oocitos pueden ser ampliamente reconocidos. Las figuras 1 a 12 muestran los diferentes estadios de maduración de los oocitos de *E. mutisii*.

Oocitos en estadio I (Figs. 1 & 2). El citoplasma es intensamente basofílico al colorearse con hematoxilina y eosina (H & E), es homogéneo y no contiene vacuolas. El núcleo es grande y colorea menos basofílico que el citoplasma y contiene de 1 a 20 nucleolos periféricos. El número de nucleolos aumenta con el tamaño del oocito. La membrana nuclear esta delimitada. En sección transversal, en los oocitos más pequeños el núcleo puede llegar a ser el 50% de la célula. El oocito está rodeado por una capa delgada de tejido conectivo continuo con la lámela ovárica. No hay zona radiata o verdadero desarrollo de la célula folicular. Oocitos en el estadio I están presentes, en ovarios de *E. mutisii* sexualmente maduros, durante todo el año. Son más abundantes en hembras con un IGS inferior de 7%, o inmediatamente después de la ovulación y en la fase postovularia.

Oocitos en estadio II (Figs. 3, 4, 5 y 11). El citoplasma es altamente basofílico al colorearlo con H & E. El núcleo es también menos basofílico que el citoplasma y contiene bastante nucleolos. Las células

escamosas se desarrollan y empiezan a rodear el oocito y cuando este estadio ha avanzado estas células escamosas forman un estrato de células foliculares que envuelven el oocito en vía de maduración (Figs. 5 & 7). La zona radiata se desarrolla como una membrana delgada acidofílica no celular, inmediatamente debajo del estrato celular folicular (Figs. 4 & 7). Los glóbulos primarios de yema o vacuolas —principio de la vitelogénesis— aparecen formando un anillo en el citoplasma cerca de la membrana celular (Figs. 3 & 5). Sucesivamente se forman estratos de glóbulos de vitelo en dirección centripeta (Fig. 5). Oocito en estadio II se encuentran en ovarios de capitán adulto a través del año, siendo más abundantes en capitanes con un IGS promedio inferior a 12%, o en la fase de mayor desarrollo oogenésico.

Oocitos en estadio III (Figs. 5, 6, & 7). El citoplasma se colorea cada vez más acidofílico con H & E, a medida que se depositan los estratos de yema centripetamente a partir del estrato primario. Las vacuolas son abundantes en el citoplasma. El núcleo cuando aparece en la sección transversal, puede ser de forma irregular. La membrana nuclear tiende a desintegrarse y los nucleolos a desaparecer al finalizar este estadio III (Figs. 6). La zona radiata se engruesa. La membrana plasmática no es siempre evidente, pero en preparados bien coloreados puede aparecer como una membrana delgada basofílica interior a la zona radiata. Un estrato distinto de tejido conectivo vascular rodea el estrato folicular. Estos oocitos en estadio III se encuentran en ovarios de peces capitanes adultos de agosto a mayo, cuando los oocitos completan su maduración y son más frecuentes en ovarios de capitanes con un IGS inferior a 12%.

Oocitos en estadio IV (Figs. 4, 6 & 8). El citoplasma está lleno de glóbulos de yema y colorea altamente acidofílico con H & E. Hay vacuolas en la periferia del citoplasma (Fig. 4). Los grandes núcleos han degenerado y cuando son visibles en corte transversal aparecen como puntos basofílicos hacia la parte distal de las células. Las células foliculares pierden su integridad y aparecen como una banda granular continua rodeando el oocito (Fig. 8). Oocitos en este estadio aparecen en peces *E. mutisii* adultos desde noviembre y representan la mayoría de los oocitos en peces hembras con un IGS mayor de 12%.

Oocitos en estadio V (Figs. 9 & 12). Este estadio, justamente después de la ovulación, representa la atresia postovulatoria. No todos los huevos maduros son puestos durante la ovulación. Así, los oocitos maduros que quedan atrapados en el ovario de *E. mutisii*, después de la ovulación, sufren atresia. La zona radiata desaparece y el estrato folicular se hipertrofia produciendo fagocitos. La membrana vitelina luego se deforma y rompe. Estas células o fagocitos invaden y digieren

el ooplasma (Fig. 12). Oocitos o huevos en este estadio atrésico son más frecuentes inmediatamente después de la temporada normal de ovulación.

CICLO REPRODUCTIVO

Con base en el estudio histológico de los ovarios, el ciclo reproductivo de las hembras del pez capitán, *E. mutisii*, puede ser determinado con seguridad. Este ciclo puede ser ampliamente estudiado bajo tres fases principales, como se describen a continuación.

Preovulación (Figs. 5 & 6). Esta fase —noviembre a abril— comprende oocitos en los estadios I-III. Al finalizar esta fase, los oocitos en estadio III completan su madurez y así aparecen los oocitos en estadio IV, justamente antes de la evolución y cuando la vitelogenénesis se ha completado. Durante el verano o período de sequía —diciembre a marzo— el ovario atraviesa por una fase quiescente o de poca actividad gonadal. Según investigaciones previas, teleóstos de zonas templadas que ovulan en la primavera, atraviesan por un período de inactividad gonadal durante los meses de invierno. Este período de inactividad gonada durante los meses de invierno. Este período quiescente puede ocurrir antes, o después, de completarse el ciclo oogenésico (Cala 1970).

Ovulación (Fig. 8). Esta fase ocurre entre mayo y agosto. Durante este período los ovarios están en su mayor parte llenos de huevos maduros u oocitos en el estadio IV, pero oocitos en estadios I a III también son visibles al microscopio. Este período amplio de ovulación no se debe a que una misma hembra ovule por etapas. A principios de esta fase, en mayo, se encuentran peces completamente en postovulación, pero la mayoría tiene su pico máximo de ovulación a mediados del período, junio - julio, y finalmente algunos ovulan en agosto. Se pudo observar cierta tendencia en ejemplares de mayor tamaño a ovular antes que los de menor longitud. Este fenómeno también ha sido observado en peces teleósteos de zonas templadas (vide Cala 1970).

Postovulación (Figs. 1, 2, 9 - 12). Un ovario recientemente ovulado presenta folículos con un área o lumen bien definido que estuvo ocupado por oocitos de último estadio (Fig. 2). Esta fase empieza en agosto, luego de la ovulación, y se extiende hasta mediados de noviembre. Pero más exactamente, de acuerdo a la fase anterior o de ovulación, esta fase empieza en mayo para los primeros peces que ovulan en ese mes y en agosto para los últimos en ovular. Luego de la ovulación desaparecen en el ovario los oocitos maduros o en estadio IV, aumentando el número de oogonia (Fig. 9) y el tamaño de los oocitos en los estadios I a III. Es

decir, inmediatamente la hembra ha ovulado el proceso o ciclo oogenésico y vitelogenésico se ponen en marcha. Así, en noviembre - diciembre, los ovarios están más o menos llenos y han completado los oógenesis.

DISCUSION

El capitán, *E. mutisii*, no muestra dimorfismo sexual y ambos sexos son muy similares en su morfología externa. Sin embargo, la hembra cuando está inmediata o durante la ovulación puede ser identificada por su mayor volumen abdominal, al presionarles suavemente el abdomen salen huevos maduros, y la coloración amarillo-dorada es más intensa en la parte ventral de las hembras que en los capitanes machos.

El peso del ovario oscilo entre 0,2 g. para una hembra (14.8 cm de longitud total y 18,9 g de peso total del pez) recientemente ovulada por primera vez (junio 14 de 1973) y 16,1 g. para un ovario de una hembra (23,8 cm longitud total y 92 g. peso total) inmediatamente antes de la ovulación (mayo 3 de 1972). Esto muestra que el tamaño y peso del ovario —por tanto el número de oocitos y fecundidad— están en proporción a la longitud del pez (Tabla 1). También en esta tabla se puede apreciar que el peso del ovario, por tanto en comparación con la ovulación y preovulación el IGS o IM, varía significativamente durante la fase de postovulación (Fig. A). El IGS es más alto inmediatamente antes de la ovulación. Esta característica es común en otros peces *e. g.* en *Idus idus* (Cala 1971).

EXPLICACION DE LAS FIGURAS

Todas las microfotografías son de cortes transversales de 6 micras de la parte anterior del ovario derecho del *E. mutisii*, sexualmente maduros. Los cortes fueron coloreados con hematoxilina y eosina (H E). Originalmente el material fue fijado en Bouin, subsecuentemente lavado en etanol al 70% y las secciones se deshidrataron con tetrahydrofuran. Los peces se coleccionaron en la Represa del Muña, parte media de la cuenca del Río Bogotá, Colombia.

ABREVIACIONES

- A Oocitos en estadio I
- B Oocitos en estadio II
- C Oocitos en estadio III
- D Oocitos en estadio IV
- E Oocitos en estadio V
- CA Corpora atrésica
- F Células foliculares
- FP Folículos en estado postovulatorio
- L Lúmen
- N Núcleos
- NC Nucleolos
- T Estrato tecal
- V Vacuolas
- Y Glóbulos de yema
- Z Zona radiata

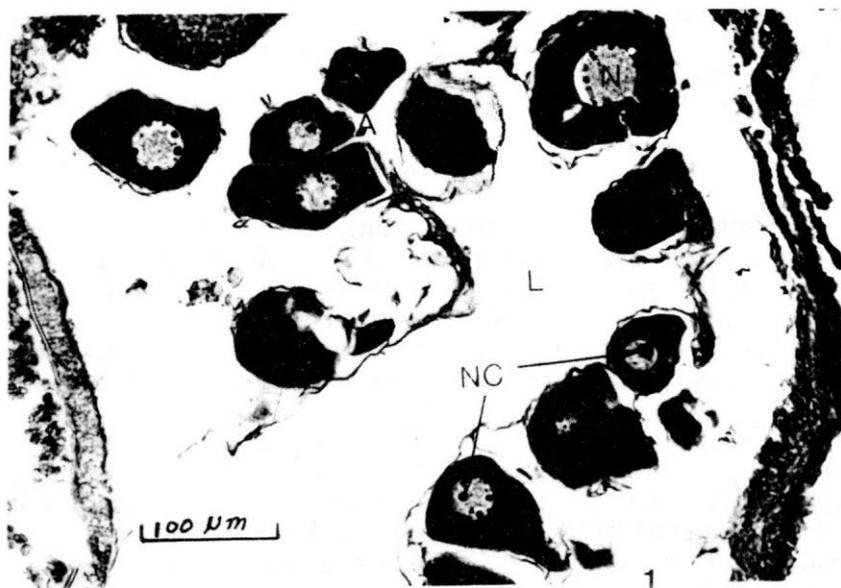


Fig. 1. Corte del ovario de un pez recientemente ovulado, 17 cm. longitud total, coleccionado el 28.06.1972. Se observan oocitos en estadio I (A) con núcleos (N) con 1 o varios nucleolos (NC) y el lúmen (L). X 32.



Fig. 2. Corte del ovario de un pez recientemente ovulado, 16.6 cm. longitud total, coleccionado el 28.06.1973. Aparecen oocitos en estadio I II (A B) y folículos postovulatorios (FP). X 16.

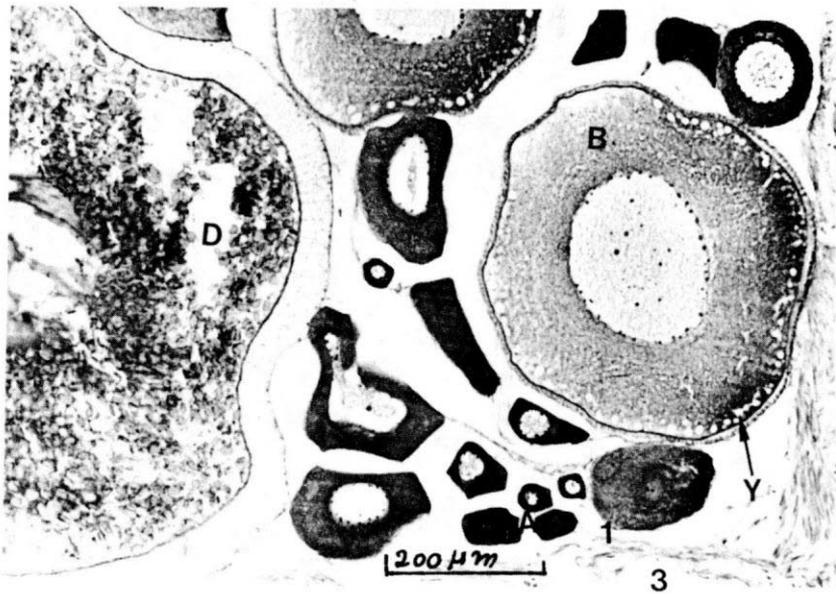


Fig. 3. Corte de ovario de un pez ovulado, 18,9 cm. longitud total, coleccionado el 3.05.1972. Muestra oocitos en estadio I, II IV (A, B D) y glóbulos primarios de yema (Y), o comienzo de la vitelogenésis, en oocitos en el estadio II X 32.

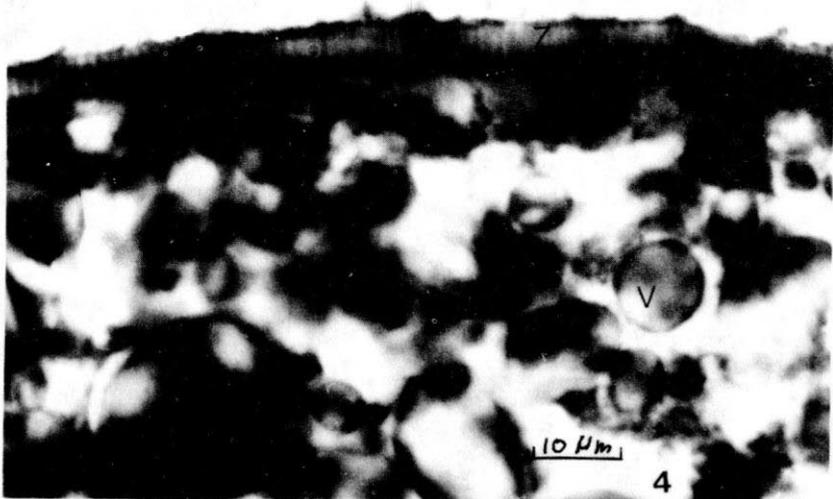


Fig. 4. Corte de un oocito en estadio IV de un pez en la fase de ovulación 18.5 cm. longitud total, coleccionado el 9.08.1972. Se observan vacuolas (V) y la zona radiata (Z). X 512.

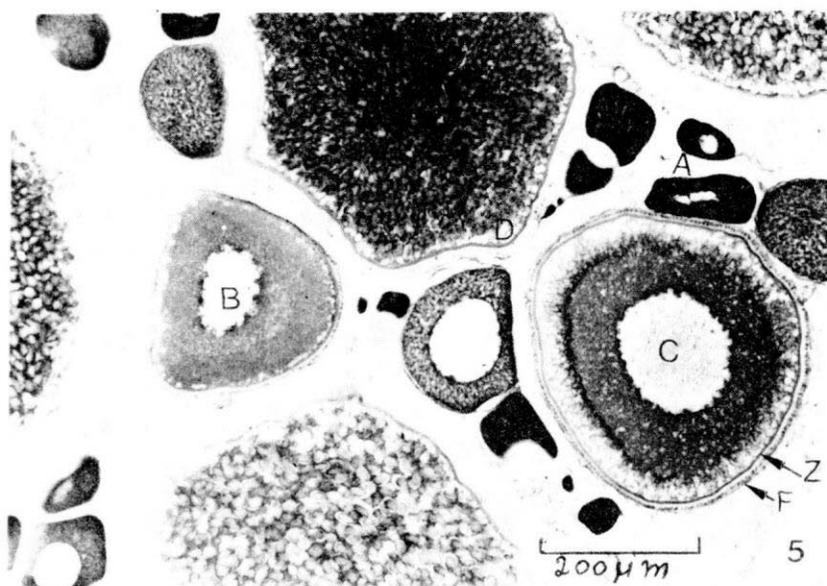


Fig. 5. Corte del ovario de un pez en la fase de preovulación, 20 cm. longitud total, coleccionado el 15.11.1972. Muestra oocitos en estadio I - IV (A, B, C D), la zona radiata (Z) y el estrato de células foliculares (F). X 32.

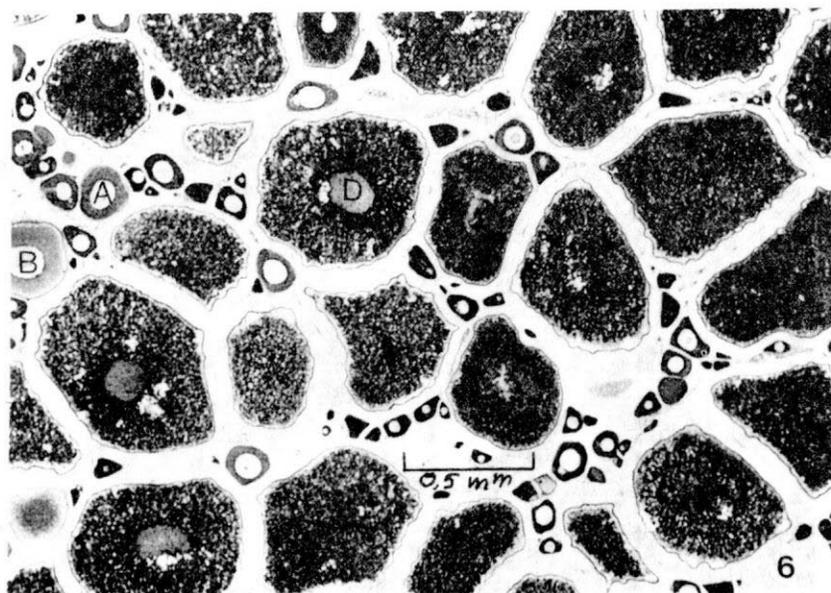


Fig. 6. Corte del ovario del mismo pez descrito en la Fig. 5. Muestra oocitos en diferentes estadios, reducción del tamaño de los núcleos y su forma irregular al desintegrarse la membrana nuclear en los oocitos en el estadio IV. X 10.

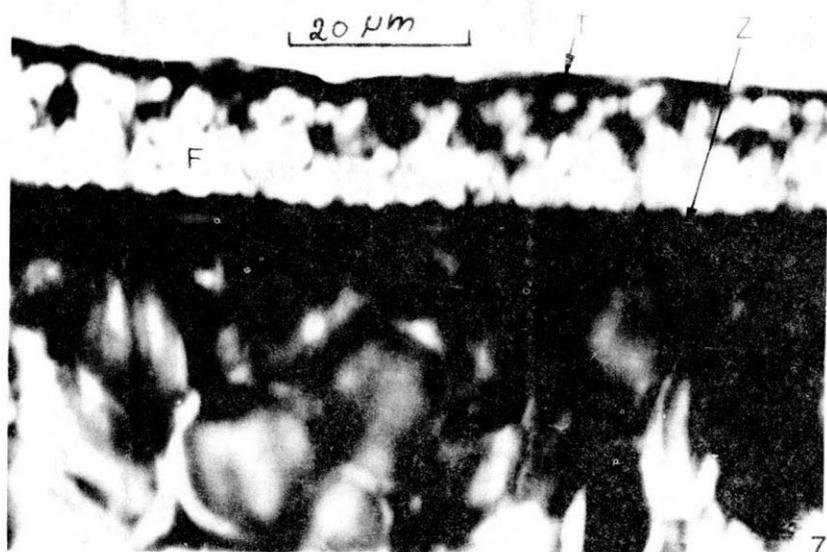


Fig. 7. Corte de un oocito en estadio IV de un pez, 21.5 cm. longitud total, coleccionado el 25.10.1972. Se observa especialmente la zona radiata (Z), el estrato de células foliares (F) y el estrato tecal (T). X400.

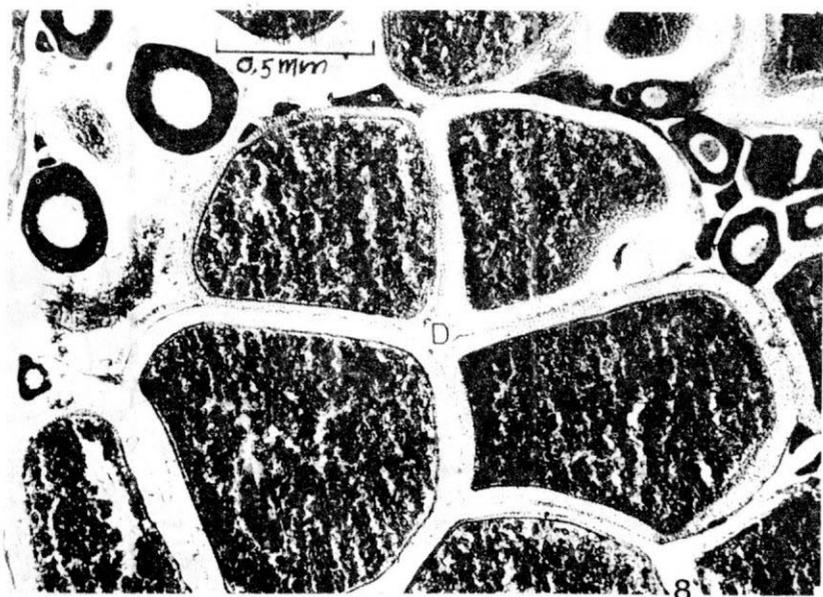


Fig. 8. Corte del ovario de un pez en la fase ovulación, 17.6 cm. longitud total, coleccionado el 9.08.1972. Aparecen oocitos en estadio I (A) y en estadio IV (D) o huevos maduros sin núcleo visible y llenos glóbulos de yema. X13.

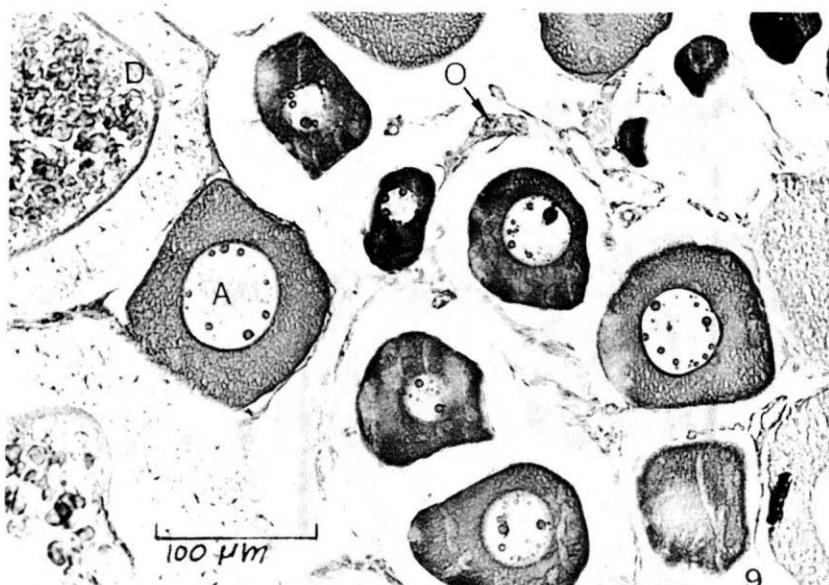


Fig. 9. Corte del ovario de un pez inmediatamente después de la ovulación, 15.8 cm. longitud total, coleccionado el 9.08.1972. Muestra oocitos en estadio I (A), huevos maduros en estadio IV (D) y proliferación de oogenia (O). X 64.

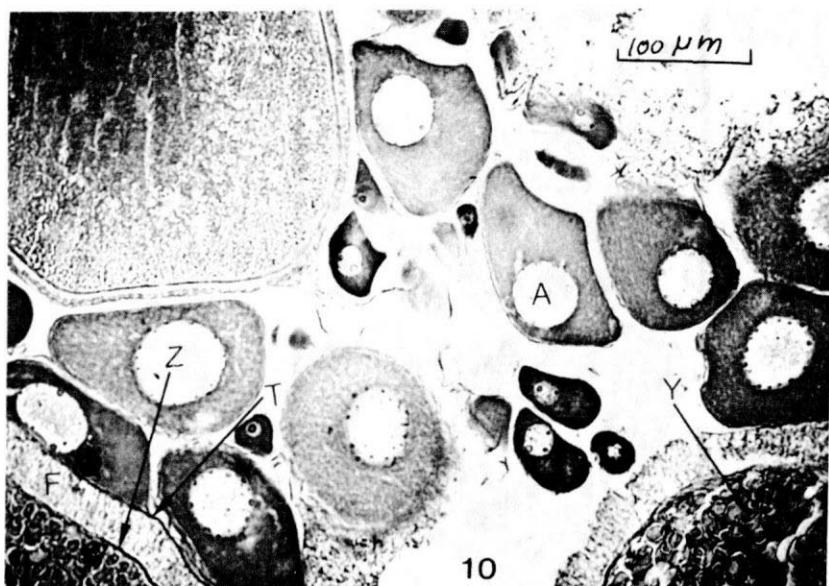


Fig. 10. Corte del ovario de un pez, 15.6 cm. longitud total, coleccionado el 28.06.1973, en la fase de ovulación. Se observan oocitos en estadio I y oocitos o huevos maduros en estadio IV (D) que muestran glóbulos de yema (Y), el estratp celular folicular (F) y el estrato tecal (T). X 51.

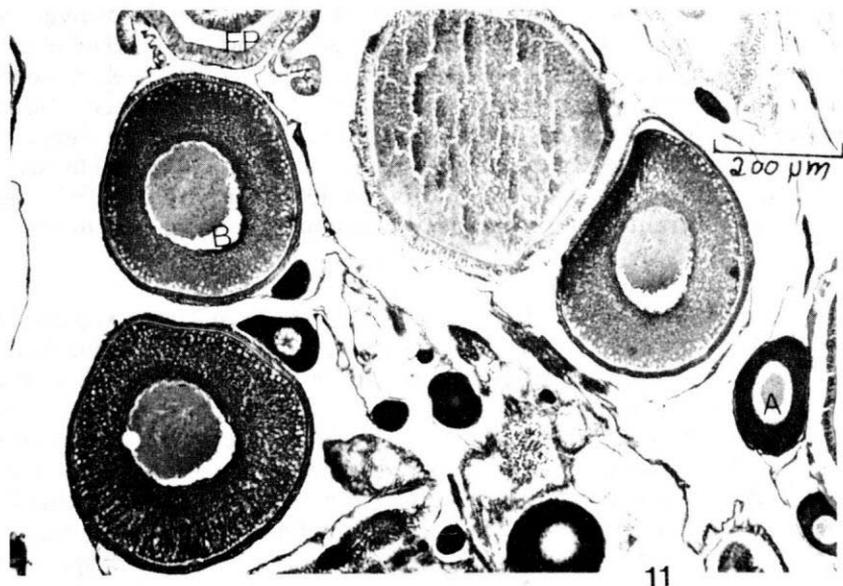


Fig. 11. Corte del ovario de un pez, 16.6 cm longitud total, coleccionado el 28.06.1973, después de la ovulación. Muestra oocitos en estado I II y folículos en estado postovulatorio (FP). X 25.

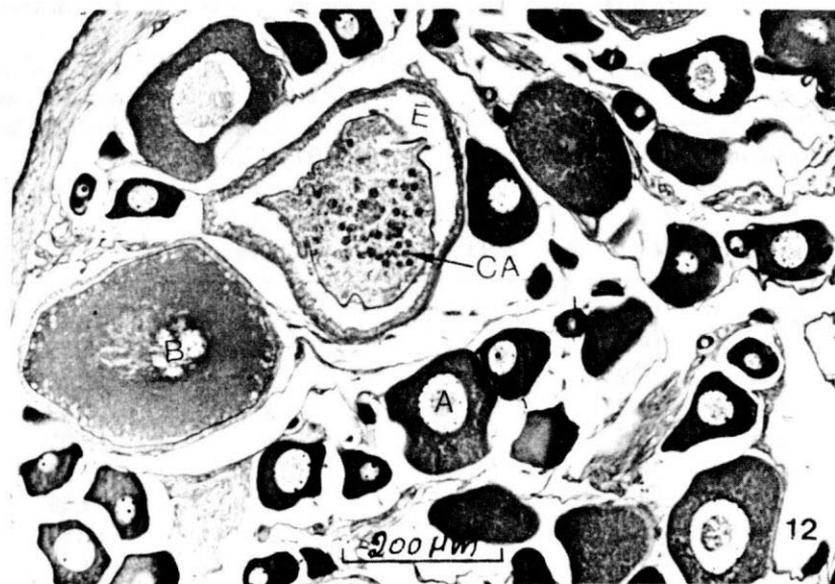


Fig. 12. Corte del ovario de un pez, 14.8 cm. longitud total, coleccionado el 14.06.1973, después de ovular por primera vez. Se observaron oocitos en estado I II (A B), un oocito en vía de atresia o estado V (E) y la corpora atretica (CA). X 32.

Con certeza se deduce del presente estudio histológico de los ovarios, que ninguna hembra *E. mutisii* ha alcanzado su fase de ovulación por primera vez, con una longitud total inferior de 14 cm. Desde el punto de vista de un buen manejo, esto quiere decir que hembras con tallas inferiores a los 14 cm no están sexualmente maduras y no deberían capturarse para el consumo; la extracción pesquera en las poblaciones de *E. mutisii*, debe vedarse —sino total por lo menos para determinadas regiones— durante los meses de junio-julio cuando el pez ovula al máximo.

El ovario de *E. mutisii* sexualmente maduro contiene oogenias a través del año y son más abundantes luego de la ovulación cuando las células germinales primordiales de nuevo reinician una fase de intensa oogénesis, aunque su número es muy reducido durante la preovulación y ovulación. Oocitos en los estadios I y II se encuentran también a través del año siendo más abundantes durante el período de intensa oogénesis o postovulación. Los oocitos en estadio III aparecen cuando la oogénesis está bien avanzada o cuarto final de la fase postovulatoria, aproximadamente en octubre. Seguidamente en noviembre aparecen oocitos en estadio IV. A medida que la vitelogénesis progresa, especialmente a principios de la fase de la preovulación (nov.-enero), aumenta el número de oocitos en el estadio IV, disminuyendo por tanto los del estadio III los cuales desaparecen por completo cuando el pez está fisiológicamente maduro para la ovulación o postura de los huevos.

Tabla 1. Correlación entre la longitud, peso y la madurez (índice gonosomático, IGS, o índice de madurez, IM) de las hembras del pez capitán, *E. mutisii*, en la Represa del Muña, sistema del Río Bogotá, durante su ciclo reproductivo anual - mayo 1972 a junio 1973.

Fecha	Longitud total en cm.	Peso total del pez en gr.	Peso del ovario en gr.	IGS O IM
3.5.72	17.5	52.5	14.4	27.43
	18.0	35.4	2.4	6.78
	18.9	45.8	6.6	14.40
	14.2	18.7	1.4	7.49
	18.6	41.0	6.3	15.37
	23.8	92.0	16.1	17.50
	14.8	21.5	1.2	5.58
	18.6	47.2	10.3	21.82
	19.5	58.3	10.6	18.18
	17.8	45.8	8.0	17.47
	13.5	18.4	4.0	21.74
	17.8	46.7	5.0	10.71
	16.0	30.1	5.8	19.27

Fecha	Longitud total en cm.	Peso total del pez en gr.	Peso del ovario en gr.	IGS O IM
	19.2	42.4	4.3	10.14
	15.0	23.7	5.4	22.78
	19.2	38.8	3.4	8.76
18.6.72	20.5	57.5	4.1	7.13
	17.0	30.9	2.4	7.77
	19.5	37.7	3.1	8.22
	17.4	28.6	3.2	11.19
	17.1	23.3	1.2	5.15
9.8.72	17.0	34.0	3.6	10.59
	15.8	23.9	1.0	4.18
	18.5	39.7	4.4	11.08
	17.6	40.0	6.5	16.25
	16.4	30.7	4.0	13.03
	17.6	36.3	3.2	8.82
	15.0	25.7	4.5	17.51
	17.0	33.9	4.3	12.68
	17.1	29.5	2.2	7.46
15.9.72	18.0	45.0	4.4	9.78
	19.2	63.1	4.6	7.30
25.10.72	21.5	67.6	9.4	13.91
	29.2	42.6	5.1	12.02
15.11.72	21.8	85.5	10.0	11.70
	22.9	73.5	7.0	9.52
	20.0	54.0	5.0	9.26
	18.5	50.5	5.5	10.89
	16.0	40.0	5.0	12.50
	14.5	20.0	3.3	16.50
	15.4	22.5	1.0	4.44
	15.5	21.5	2.0	9.30
	16.9	33.5	7.5	22.39
	18.0	34.5	4.5	13.04
	16.9	26.0	3.5	13.46
15.12.72	19.0	53.0	5.0	9.43
	17.6	41.0	4.5	10.98
	21.7	69.5	7.0	10.07
	20.1	48.0	6.5	13.54

Fecha	Longitud total en cm.	Peso total del pez en gr.	Peso del ovario en gr.	IGS O IM
18.1.73	18.3	42.0	4.5	10.71
	18.5	37.0	1.8	4.86
	16.3	30.2	3.5	11.59
15.2.73	15.5	26.5	2.5	9.43
	19.4	49.5	7.5	15.15
	16.5	31.5	2.5	7.94
	17.0	32.5	3.8	11.69
21.3.73	25.0	71.0	8.1	11.41
	19.3	53.7	6.5	12.10
	16.0	35.3	4.8	13.60
	18.8	38.0	2.5	6.58
	14.7	29.0	1.5	5.17
12.4.73	18.7	42.5	9.0	21.18
	18.0	38.0	5.5	14.47
	18.8	33.5	3.5	10.45
	17.1	25.1	3.5	13.94
27.4.73	16.6	40.0	4.5	11.25
	18.7	33.0	5.0	15.15
	17.6	32.0	5.0	15.63
16.5.73	17.0	27.5	3.8	13.82
	17.7	32.0	4.5	14.06
	18.1	35.5	7.0	19.72
	15.5	23.5	2.5	10.64
30.5.73	17.1	33.5	3.8	11.34
	16.7	31.0	5.7	18.39
	19.5	50.0	10.5	21.00
14.6.73	14.8	18.9	0.2	1.06
	15.7	22.2	0.5	2.25
	16.4	24.0	0.9	3.75
	19.4	43.0	6.5	15.12
28.6.73	16.6	27.5	2.5	9.09
	17.5	27.5	0.7	2.55
	17.6	23.2	1.7	7.33
	15.6	20.8	3.0	14.42

Durante el verano o período de sequía (diciembre - marzo) el ovario de *E. mutisii*, después de haber completado la oogénesis, atraviesa por un estadio de quiescencia, o inactividad gonadal. Los ovarios exhiben un ciclo estacional dividido en tres fases principales. Los límites calendario de estas fases están sometidos a fluctuaciones ecológicas relacionadas con factores ambientales, *i. e.* tiempo y duración del verano y lluvia.

Este esquema de clasificación de la oogénesis de *E. mutisii* está de acuerdo con otras oogénesis descritas para peces teleósteos. No obstante el tiempo de la ovulación del capitán es amplio (mayo - agosto) a diferencia de los peces de zonas templadas con estaciones marcadas, donde la ovulación se efectúa, en condiciones ecológicas favorables, en un período de tiempo de corto o de solo días, *e.g.* poblaciones del pez *Idus idus* de la familia de las carpas, desova en Escandinavia prácticamente en tres días (Cala, *op. cit.*).

RESUMEN

La histomorfología de los ovarios del capitán, *E. mutisii*, se estudió en relación a los cambios del medio ambiente durante el año, en la Laguna o Represa del Muña, cuenca del Río Bogotá, Sabana de Bogotá, Colombia. No se notó dimorfismos sexual externo en el capitán, excepto justamente antes y durante la ovulación de las hembras, que pueden ser identificadas por el mayor volumen abdominal, su coloración amarillo-dorada se hace más intensa ventralmente y al precionar suavemente su abdomen los huevos maduros son eyectados.

Los ovarios son pares y separados. El peso del ovario e índice gonosomático (IGS) o índice de madurez (IM) muestran variaciones, significativas durante las diferentes fases del ciclo reproductivo siendo mayor al acercarse la ovulación (Fig. A.). El ciclo reproductivo anual de *E. mutisii* muestra tres fases fundamentales: Preovulación (nov.-abril), caracterizado por su poca actividad gonadal o período quiescente en su mayor parte (diciembre-marzo), solamente los oocitos en el estadio III completan la última etapa vitelogenésica. Ovulación (mayo-agosto), con un pico o máximo en junio-julio. Postovulación (agosto-noviembre), o período de intensa oogénesis ya que hay gran proliferación de oogenia, oocitos en estadios I, II y III y con éstos la vitelogenésis.

La oogénesis en el pez capitán, *E. mutisii*, desde el punto de vista histomorfológico, puede dividirse en 5 estadios:

Oocitos en estadio I. (Figs. 1, 2 & 10). El citoplasma colorea intensamente basofílico con hematoxilina y eosina (E & E), homogéneo y sin vacuolas. Núcleo grande con 1 a 20 nucleolos periféricos. El número de nucleolos aumenta con el tamaño de la célula. Estos oocitos

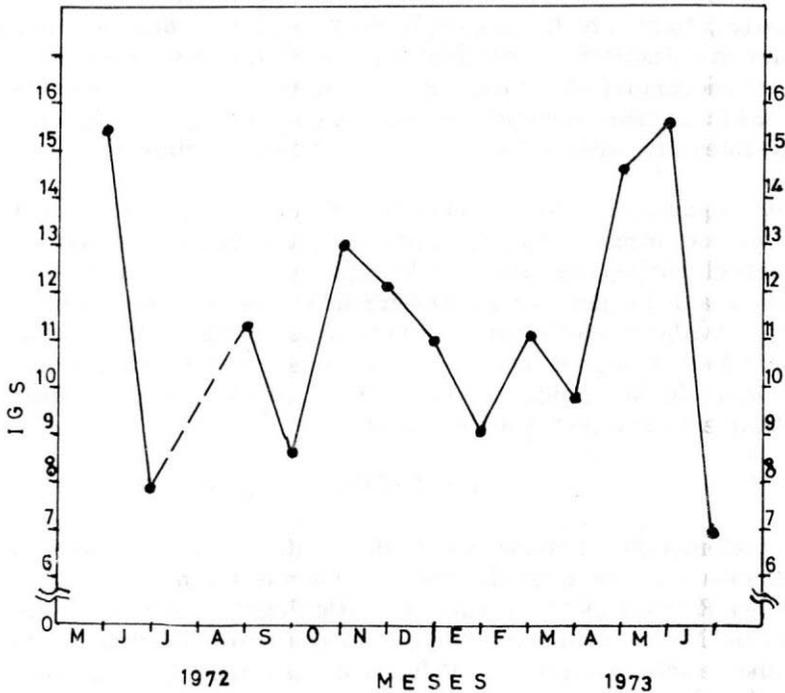


Fig. A. Correlación entre el índice gonosomático (IGS) promedio y los meses del año, del pez hembra *e. mutisii*. Datos basados en la Tabl. 1.

están presentes en ovarios de hembras sexualmente maduras a lo largo del año, pero son más abundantes a comienzos de la fase postovularia.

Oocitos en estadio II (Figs. 3, 4, 5 y 11). El citoplasma colorea altamente basofílico con H & E. Núcleo con numerosos nucleolos. La zona radiata aparece inmediatamente debajo del estrato celular vascular. Glóbulos primarios de yema o vacuolas —principios de la vitelogénesis— aparecen formando un anillo cerca a la membrana celular. Sucesivamente se forman estratos de glóbulos de vitelo en dirección centripeta. Estos oocitos están presentes durante todo el año y son más abundantes en la fase postovulatoria cuando la ovogénesis está en su máximo desarrollo.

Oocitos en estadio III (Figs. 5, 6 y 7). El citoplasma es cada vez más acidofílico al colorearlo con H & E y contiene abundantes vacuolas. El núcleo, cuando aparece, puede ser de forma irregular. La membrana nuclear tiende a desintegrarse y los nucleolos desaparecen. La zona radiata se engruesa. Estos oocitos son más frecuentes cuando la ovogénesis es más intensa. (agosto - noviembre).

Oocitos en estadio IV (Figs. 4, 6 y 8). El citoplasma está lleno de glóbulos de yema y colorea altamente acidofílico con H & E. Hay vacuolas en la periferia del citoplasma. Estos oocitos son abundantes cuando la oogénesis ha alcanzado su mayor desarrollo, a partir de noviembre.

Oocitos en estadio V (Figs. 9 & 12). Este estadio, justamente después de la ovulación representa la atresia postovulatoria. No todos los oocitos o huevos maduros son puestos durante la ovulación. Así, los oocitos maduros que quedan atrapados en el ovario sufren atresia. La zona radiata desaparece y el estrato folicular se hipertrofia produciendo los fagocitos. Estas células fagocíticas invaden y digieren el ooplasma.

De este estadio se puede deducir que todas las hembras del pez capitán, *E. mutisii*, de tallas mayores de 15 cm. de longitud total, se consideran sexualmente maduras o con oocitos en los primeros estadios de la oogénesis, o aptas para ovular en el período de ovulación más inmediato. *E. mutisii* es un pez de reproducción anual.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue llevado a cabo en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sin embargo las microfotografías fueron tomadas en el laboratorio fotográfico del Instituto de Zoología de la Universidad de Lund, Lund, Suecia, bajo la asistencia del fotógrafo Lajos Erdos. Esta investigación fue parcialmente apoyada económicamente por Colciencias.

REFERENCIAS

- BLANCO, M. C. P. CALA, 1974. Contribución al conocimiento de la sardina, *Astyanax bimaculatus* (L.) 1758 (Characidae: Pisces), del Caño Pachiaquiarito, Meta, Colombia. *Ecología Tropical* 1(2): 1-44.
- CALA, P. 1970. On the ecology of the ide *Idus idus* (L.) in the River Kavlingeån, south Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res.*, Drottningholm, 50: 45-99.
- _____. 1971. Size and age at maturity, ripening and fecundity of the ide *Idus idus* (L.). *Rep. Inst. Freshw. Res.*, Drottningholm, 51: 31-46.
- _____. 1976. Age at maturity, testicular development and seasonal changes in the testes of the ide *Idus idus* (L.) (Pisces: Cyprinidae) in the River Kavlingeån, south Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res.*, Drottningholm, 55: 5-14.
- DAHL, G. 1971. Los peces del norte de Colombia. pp. XXII - 391 ills. *Inderena*. Bogotá.

GEE, J. H. 1976. Buoyancy and aerial respiration: factors influencing the evolution of reduced swim-bladder volume of some Central American cat-fishes (*Trichomycteridae*, *Callichthyidae*, *Loricariidae*, *Astrobleipidae*). *Can. J. Zool.* 54: 1030-1037.

GODINHO, H. M., FERRI, L. O. MEDEIROS J. M. B. BARKER. 1974. Morphological changes in the ovary of *Pimelodus maculatus* Lacépede, 1803 (Pisces, Siluroidei) related to the reproductive cycle. *Revista Bras. Biol.* 34 (4): 581-588.

MILES, C. 1947. Los peces del Río Magdalena. pp. 214 - XXVIII, ill. *Minist. Econ, Nacional Col., Sec. Piscicultura, Pesca y Caza. Bogotá.*

PICKFORD, G. E. 1953. A study of the hypophysectomied male killifish, *Fundulus heteroclitus* (Linn.). *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.* 14: 5-41.

VLADYKOV, V. D. 1956. Fecundity of wild speckled trout (*Salvelinus fontinalis*) in Quebec lakes. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 13 (6): 799-841.