

# Aspectos reproductivos de *Astroblepus homodon* (Regan, 1914) (*Pisces, Siluriformes*) en la cuenca del río Coello, Tolima

GUISELLE NEGOVER BRIÑEZ -VÁSQUEZ\* y LILIANA FRANCIS-TURNER\*\*

\* Maestría en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima

\*\* Grupo Modelos Experimentales Ciencias Zoohumanas, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima

## Resumen

Se realizaron observaciones de la Biología Reproductiva en *Astroblepus homodon*, de muestras colectadas en tres períodos climáticos: mayo (transición lluvias-sequía), julio-agosto (sequía) y septiembre (transición sequía-lluvias) de 2003, en la cuenca del río Coello (Tolima). Se capturaron 231 individuos. La proporción sexual encontrada fue de 1:0.24 (hembra: macho). La talla promedio de madurez fue de 57.42 y 50.10 mm. de LS en machos y hembras, respectivamente. De acuerdo con la observación macroscópica de las gónadas se establecieron cuatro estadios de madurez para ambos sexos. El índice gonosomático (IGS), para las hembras presentó los valores más altos durante los períodos de transición (sequía-lluvias y lluvia-sequía), mientras que en los machos los valores más altos se presentaron durante los períodos de sequía y transición (sequía-lluvia). Este índice y los estadios de madurez gonadal sugieren que la especie podría presentar actividad reproductiva durante todo el año con dos picos de máxima actividad reproductiva: período de sequía y transición. El peso, la longitud de los ovarios y la frecuencia porcentual de hembras maduras son evidencias de esa actividad. El análisis histológico en ejemplares maduros evidenció un desarrollo sincrónico de los oocitos con diámetros entre 582.52  $\mu\text{m}$  y 445.7  $\mu\text{m}$ , con un promedio de 514.64  $\mu\text{m}$ , con presencia de ovocitos previtelogénicos en su mayoría (inmaduros o iniciando su maduración). Los valores de fecundidad oscilaron entre 286 a 420 oocitos, con un promedio de 370. Es posible que el desarrollo gonadal del *A. homodon* responda a variaciones en factores ambientales, aunque sería preciso realizar un seguimiento mensual durante un año completo.

## Abstract

Observations of Reproductive Biology were made in *Astroblepus homodon*. The samples were collected in three climatic periods: May (transition rain-drought), July-August (drought) and September (transition drought-rains) of 2003, in the river basin of the river Coello (Tolima). 231 individuals were captured. The found sexual proportion was of 1:0.24 (female: male). The length average of maturity was of 57,42 and 50,10 mm of LS in males and females, respectively. According to the macroscopic observation of the gonads four stages of maturity for both sexes were established. The gonosomatic index (IGS), for the females presented the highest values during the periods of transition (drought-rains

Correo electrónico: negover@yahoo.com ; colcub@telecom.com.co

and rain-drought), whereas in the males, the highest values appeared during the periods of drought and transition (drought-rain). This index and the stages of gonadal maturity suggest that this species could present a reproductive activity throughout the year, with two tips of maximum reproductive activity: a period of drought and transition. The weight, the length of the ovaries and the percentage frequency of mature females are evidences of that activity. The histological analysis in mature specimens demonstrated a synchronous development of the oocytes with diameters between 582,52  $\mu\text{m}$  and 445,7  $\mu\text{m}$ , with an average of 514,64  $\mu\text{m}$ ., with the presence of previtelogenic ovocytes in its majority (immature or initiating its maturation). The values of fecundity oscillated between 286 to 420 oocytes, with an average of 370. It is possible that the gonadal development of the *A. homodon*, responds to variations in environmental factors, although it would be precise to make a monthly sampling during a complete year.

**Palabras clave:** calibración, análisis químico, varianzas uniforme y no uniforme, curvas de calibrado no lineales.

**Key words:** calibration, chemical analysis, uniform and non-uniform variances, non-linear calibration curves.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de los aspectos reproductivos en los peces es importante para el entendimiento de sus ciclos biológicos, teniendo en cuenta la influencia de factores extrínsecos e intrínsecos en el desarrollo gonadal. Esto permite comprender la dinámica de una población en un sistema acuático, puesto que hay una diversidad de estrategias involucradas que permiten la adaptación de los individuos en dicho sistema (Yañez-Arancibia 1982). La familia Astroblepidae incluye un género *Astroblepus*, descrito por Humboldt, 1805 (Miles, 1971), con 54 especies nominales (Schaefer, 2003), de las cuales 28 son reportadas para Colombia (Briñez-Vásquez, 2004). Entre éstas, *Astroblepus homodon* cuya localidad tipo es Villeta (Eigenmann, 1922).

La información de la morfología y ecología en general de *Astroblepus homodon* es escasa (Buitrago-Suárez, 1995). La literatura disponible corresponde a los primeros reportes y descripciones de la especie (Eigenmann 1922; Dahl 1971; Miles 1971). Buitrago-Suárez (1995) realiza un estudio anatómico detallado en su trabajo de sistemática de las especies colombianas de *Astroblepus*. Buitrago-Suárez y Galvis-Germán (1997) realizaron la descripción del sistema urogenital en la familia. Recientemente, en un estudio de Astroblepidae en la cuenca del río Coello se menciona su abundancia y distribución altitudinal y se describen aspectos generales de su biología y ecología (Briñez-Vásquez *et al*; 2003; Briñez-Vásquez, 2004; Briñez-Vásquez *et al*; 2005).

*Astroblepus homodon* se distribuye en la cuenca del Magdalena (Alto Magdalena y el río César) (Briñez-Vásquez, 2004). Se destaca su presencia por debajo de los 1000 msnm en sitios cuya temperatura del agua oscila de 28-30 °C (Briñez-Vásquez, Villa-Navarro *et al.*, 2003) en una franja altitudinal desde los 479 msnm hasta los 1950 msnm en la cuenca del río Coello (Briñez-Vásquez, *et al.* 2005). Se caracteriza por presentar un patrón de coloración regular, con manchas pardas que se distribuyen en todo el cuerpo y

una pequeña mancha amarilla que se ubica en el pedúnculo caudal, justo debajo de la espina de la aleta adiposa. Esta última es reducida, corta, angosta y gruesa, con una espina visible cubierta por denticulos y conectada al pedúnculo caudal mediante una membrana. Su margen rostral es redondeada y su disco bucal amplio (6.2 veces en LS) (Figura 1). (Buitrago-Suárez, 1995; Briñez-Vásquez, 2004).

Son predominantemente peces nocturnos (Román-Valencia, 2001). Durante el día se esconden en cuevas, debajo de las piedras, troncos y bajo la vegetación ribereña (Dahl, 1971). *Astroblepus homodon* mantiene una dieta carnívora, constituida en su mayoría por insectos acuáticos (Buitrago-Suárez, 1995, Briñez-Vásquez, 2004). Se ha encontrado en fondos arenosos, rocosos, con grava y guijarros; con abundante vegetación ribereña, riparia, material alóctono y perifiton; en pendientes suaves y abruptas para la cuenca del río Coello (Briñez-Vásquez, 2004); es común en zonas de desembocadura y afluentes de lagunas (Buitrago-Suárez, 1995). Este análisis pretende describir aspectos reproductivos de esta especie aún desconocida, como aporte al estudio de los aspectos ecológicos en astroblepídeos de la cuenca del río Coello (Tolima).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *Astroblepus homodon* fueron capturados en la cuenca del río Coello, localizada en la parte central del departamento del Tolima, flanco derecho de la cordillera Central. El río Coello nace a los 4000 m.s.n.m. en las estribaciones del Nevado del Tolima y en el Páramo de Los Valles, y desemboca en el Magdalena a 256 msnm. El área de la cuenca es de 189.931 ha., con una longitud de 111,6 km. Su caudal promedio es de 23,2 m<sup>3</sup>/s y el rango de temperatura oscila entre los 5 °C en la parte más alta de la cordillera Central hasta los 32 °C en su desembocadura (Cortolima 1998).

Se establecieron 28 estaciones de muestreo que tuvieron en cuenta la variación altitudinal y la ubicación de las diferentes subcuencas que la conforman: Andes, Combeima, Cocora, Anaima, Bermellón y Toche (Tabla 1). Todas las estaciones fueron muestreadas durante diez días en los meses de mayo (transición lluvias-sequía, 150.5 mm), julio-agosto (sequía, 112.3 mm) y septiembre (transición sequía-lluvias, 104.3 mm) de 2003. No fue posible la pesca en el período de lluvias. Paralelamente al muestreo de peces se midieron *in situ* la temperatura del agua y del aire, el oxígeno disuelto, la conductividad y el pH.

En cada una de las estaciones se estableció un área de pesca de 100 m de longitud y ancho variable. Los organismos se capturaron con un equipo portátil de electropesca de corriente pulsátil, un amperio y 340 voltios. El tiempo máximo de muestreo fue de una hora. Los peces se fotografiaron en vivo, empleando para ello acuarios en campo. Se utilizó una cámara Minolta Maxum 5, macro Vivitar 100 mm, flash Sunpack 5000 AF, lente Macro 100 mm y trípode, con película de diapositivas Kodak Élitechrome de 100 ASA y una cámara digital Olympus Camedia C2500L de 2.5 Megapíxeles.

Para su determinación taxonómica los peces se sometieron a diafanización y tinción con rojo de alizarina y azul de alcian de acuerdo con la técnica propuesta por Taylor (1967). Se emplearon las claves de Eigenmann (1922), Miles (1971) Dahl (1971) y, por

revisión bibliográfica, de Buitrago-Suárez (1995). Se encuentran preservados en alcohol al 70% y forman parte de la Colección Zoológica-Ictiología de la Universidad del Tolima (CZUT-IC).

Se calculó el factor de condición (K), que es un valor que cambia a través del tiempo. Permite establecer alguna relación con las posibles alteraciones de hábitos y registrar la influencia de las variaciones ambientales sobre la condición de vida en relación con la talla y sexo del pez (González 1996), dependiendo de los cambios en el ritmo de crecimiento que se manifiestan en los tres ejes del cuerpo (Lavaestu 1977), de acuerdo con la fórmula:  $K = (W/L^3) \times 100$ , donde W es peso total en gramos y L es longitud estándar en mm (Nikolsky 1963). Se toma el cubo de la longitud debido a que el crecimiento en peso es proporcional al aumento en volumen (González 1996).

Se estimó la proporción sexual. La determinación del sexo se realizó macroscópicamente teniendo en cuenta el dimorfismo sexual previamente descrito (Alegría 1976; Buitrago-Suárez 1995; Galvis *et al.* 1997; Buitrago-Suárez y Galvis 1997).

Para determinar el estadio de desarrollo gonadal se tomó una muestra aleatoria de 18 machos y 73 hembras, y se realizó en cada uno de ellos un corte ventral, con el propósito de exponer las gónadas para un examen visual (estereoscopio) y realizar su descripción de acuerdo con la escala modificada de madurez general para hembras y machos descrita por Vazzoler (1982).

Con el propósito de obtener el índice gonosomático (IGS), se les registró el peso total y el peso gonadal con una balanza AND Su 200 de 0.1 gr de precisión. Este índice señala el desarrollo estacional de la gónada (madurez gonadal) con respecto al peso del ejemplar:  $IGS = Wg/W_{tc} \times 100$ , donde Wg es el peso total de las gónadas y W<sub>tc</sub> es el peso total corporal (Bayuelo-Espitia 2003).

Se calculó el número promedio de huevos por desove y su diámetro (fecundidad), para lo cual se utilizaron gónadas de hembras en el último estadio de maduración. Los ovarios se fijaron y preservaron en solución Gilson y posteriormente se agitaron para asegurar la penetración del fijador y la separación de los oocitos del tejido ovárico. La solución Gilson modificada se preparó así: 87% agua destilada, 9% etanol 60%, 1.7% ácido acético glacial, 1.5% ácido nítrico al 80% (Vazzoler 1982).

En el momento del recuento se tomó un segmento de ovario y se registró su peso. Se efectuó un lavado de las muestras con agua destilada para eliminar remanentes de la solución Gilson y retirar tejidos extraños. Para la medición del diámetro se siguió la metodología descrita por Lavaestu (1977). Se llevó a cabo el conteo total de los oocitos del segmento de ovario. Los oocitos, luego de individualizados por agitación manual en agua destilada, se colocaron en una caja de petri para ser contados al estereoscopio. Conociendo el peso del segmento (w), el número de oocitos en este (n) y el peso de los ovarios (Wg), es posible calcular el número total de oocitos en el ovario, así:  $N = n Wg / w$  (Vazzoler 1982).

Para el análisis histológico se seleccionaron las gónadas de 20 individuos, entre hembras y machos, teniendo en cuenta su observación macroscópica y su idoneidad. Las gónadas

pequeñas se conservaron enteras, mientras que las de mayor tamaño fueron divididas en tres secciones (anterior, media y posterior), para el procesamiento histológico. Se realizaron cortes sagitales de 5  $\mu\text{m}$ , los que se extendieron en un baño histológico, a temperatura de 45 °C- 50 °C, con el objetivo de estirar y seleccionar el tejido. Los cortes se fijaron en los portaobjetos y se procesaron para su posterior tinción de Hematoxilina y Eosina.

Las preparaciones se observaron en un microscopio óptico, para determinar los diferentes estadios de las células ováricas (oogonias, oocitos previtelogénicos, vitelogénicos, folículos post-ovulatorios, atresia). También se efectuó la observación de las células sexuales masculinas para poder, en este caso, clasificar el estadio de desarrollo desde espermatogonia hasta espermatozoides.

Se empleó el sistema Motic Images 2000, versión 1.2 sobre Windows para medir los ovocitos. Para esta evaluación se seleccionaron las preparaciones más representativas de ovarios. Las imágenes fueron capturadas con los objetivos de 10x, 40x y 100x y digitalizadas. Se realizó la medición del diámetro máximo de las células y sus núcleos presentes en los cortes.

## RESULTADOS



Figura 1. *Astroblepus homodon*

Se capturaron 231 individuos de *A. homodon*, los cuales se distribuyeron en un rango de 5–70 mm de LS, con una moda 25 mm de LS, agrupándose la mayoría de ellos entre los 20 a 35 mm (figura 2). La distribución de frecuencias de talla de la población total fue igual en las hembras y diferente en los machos, los cuales presentaron un rango de 20–70 mm de LS, con una moda de 58 mm de LS.

En el período de transición lluvias-sequía, los machos alcanzan un valor promedio de 2.227 del factor de condición (K) y las hembras de 0.073. En el período de sequía se presentó un descenso de este factor en los dos sexos: para los machos, 1.7325 y en las hembras, 0.0030. Por último, para el período de transición sequía-lluvias, se observó un descenso leve en el valor de este factor en los machos (1.2583) y en hembras el mismo valor del período anterior (0.0030).

Se presentó una mayor proporción de hembras que de machos 1:0.24. Externamente fue evidente el dimorfismo sexual en todos los machos adultos examinados: La aleta anal se diferencia de la de las hembras por un engrosamiento y acumulación de tejido conectivo en los radios 2,3 y 4. Además se observó la presencia de un órgano copulador

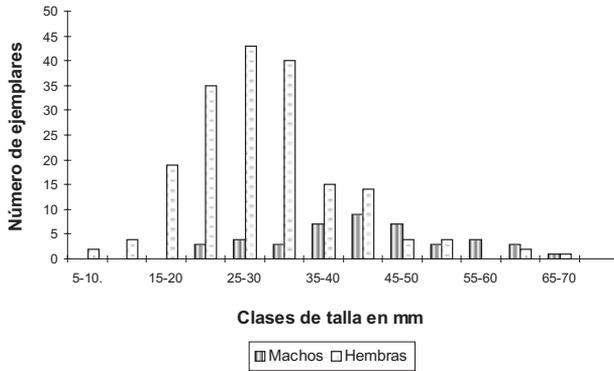


Figura 2. Distribución de clases de tallas de *Astroblepus homodon*, en la cuenca del río Coello (Tolima).

por la parte ventral con la cavidad estomacal y desembocan en el conducto testicular en el poro genital. Las hembras de *A. homodon* presentaron ovarios internos en forma de dos pares tubulares, que se localizan en la región dorsal de la cavidad del cuerpo por debajo de los riñones. Para facilitar la presentación de las diferentes características reproductivas, los estadios de madurez sexual (EMS) fueron agrupados en cinco categorías.

La talla media para EMS I en los machos de *Astroblepus homodon* fue 31.32 mm mayor que en las hembras, de 10.79 mm. Mientras que para el EMS II la talla media en los machos fue de 35.81 mm y en las hembras fue de 26.62 mm., para el EMS III, la talla promedio en los machos fue de 42.85 mm y en las hembras, de 32.10 mm. Para el EMS IV la talla promedio para machos y hembras maduros fue de 57.42 mm y 50.10 mm respectivamente. Para EMS V, la talla promedio en machos fue de 55.38 mm y en las hembras fue de 40.72 mm. En las hembras de *A. homodon*, durante el período de transición lluvias-sequía, el EMS III fue el más alto (33.33%), seguido por el EMS V (29.17%). Las hembras EMS IV alcanzaron una frecuencia del 25% (Figura 3). La frecuencia más baja fue para el EMS II (12.50%) y no se encontraron ejemplares en EMS I durante este ciclo climático.

Para el período de sequía apareció con una baja frecuencia el EMS I (8.33%) y no se encontró ninguna hembra en EMS IV. Se

(gonopodio) de aproximadamente 1 cm, ubicado en la parte posterior al ano y cerca de la base anterior de la aleta anal. En las hembras es posible observar un poro genital.

El examen macroscópico de las gónadas reveló en los machos, un par de testículos compactos y alargados, que ocupan la región posterior del celoma, limitan

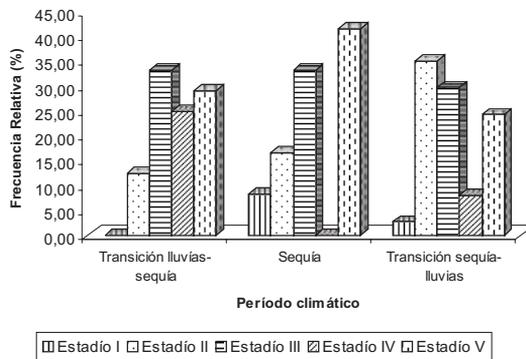


Figura 3. Frecuencia relativa por período climático del estado de madurez sexual en hembras de *Astroblepus homodon*, en la cuenca del río Coello (Tolima).

incrementaron los valores obtenidos para el EMS II (16.67%) y EMS V (41.67%). Es posible observar que el EMS V sigue presentándose con la mayor frecuencia, seguido del EMS III, que presenta la misma frecuencia del período anterior. Durante el período de transición sequía-lluvias el EMS II fue el más alto (35.14%), seguido del EMS III (29.73%) y el EMS V (24.32 %), los cuales presentaron un leve descenso en comparación con los períodos anteriores. Los valores más bajos fueron para el EMS IV que reapareció (8.11%) y el EMS I que presentó un descenso (2.70%). Se observó que las hembras en EMS III se encontraron para todos los períodos climáticos mientras, que las hembras en EMS IV mostraron su mayor frecuencia durante los períodos de transición. No se colectaron peces en el período de lluvias.

En los machos, durante el período de transición lluvias-sequía, el EMS III fue el más alto (50.00%), seguido por los EMS IV y EMS V (25.00% cada uno). No se encontraron machos en EMS II durante este período climático (Figura 4). Para el período de sequía, la frecuencia del EMS III disminuyó (14.29%) y aparecieron los EMS I y II (28.57% cada uno). El EMS IV presentó un leve aumento (28.57%), y no se encontró ningún macho en EMS V. En el período de transición sequía-lluvias, el EMS II fue el más alto (42.86%), seguido de los EMS III y EMS IV (28.57%), los cuales presentaron una frecuencia igual al período anterior.

No se encontraron machos en EMS I y V en esta época climática.

Los resultados del índice gonosomático (IGS) para las hembras durante el período de transición sequía-lluvias, presentó los valores más altos para el EMS II (5.61) y el EMS IV (4.30) (Figura 5). Los valores más bajos fueron para el EMS III (0.97) y el

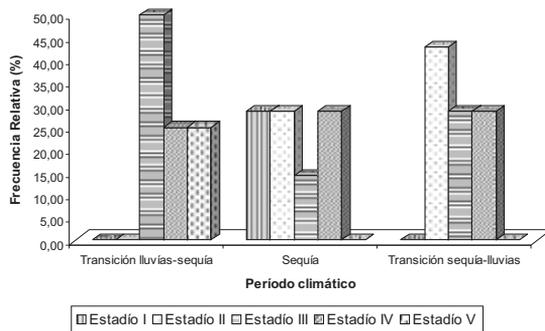


Figura 4. Frecuencia relativa por período climático del estado de madurez sexual en machos de *Astroblepus homodon*, en la cuenca del río Coello (Tolima).

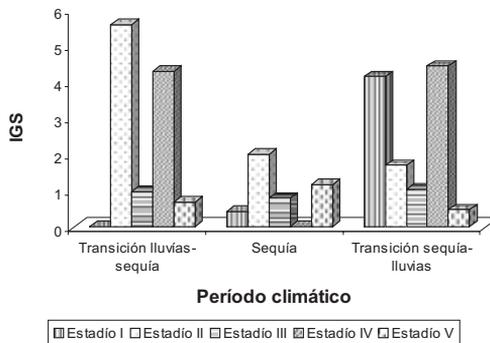


Figura 5. Variación del IGS por estadio gonadal en los distintos períodos climáticos en hembras de *Astroblepus homodon*, en la cuenca del río Coello (Tolima).

EMS V (0.69). Para el período de sequía, se observó un descenso en el IGS. El valor más alto lo presentó el EMS II (2.017) seguido del EMS V (1.17). Los demás estados de madurez sexual presentaron valores de IGS inferiores a 1. Durante la época de transición lluvias-sequía, el EMS IV presentó el valor más alto (4.45), seguido del EMS I (4.16). El EMS II y EMS III obtuvieron 1.70 y 1.04 respectivamente. El valor más bajo fue para el EMS V (0.47) en este período climático. La fecundidad osciló entre 286-420 oocitos, con un promedio de 370. El diámetro promedio según la técnica de Vazzoler (1982) fue de 1.55 mm (0.9-2.8 mm).

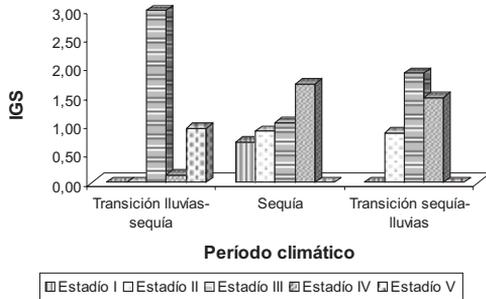


Figura 6. Variación del IGS por estadio gonadal en los distintos períodos climáticos en machos de *Astroblepus homodon*, en la cuenca del río Coello (Tolima).



Figura 7. Lecho germinal con ovogonias y ovocitos. Las células se encuentran empaquetados en las lamelas ovulíferas. O: Ovocito, n:núcleo, LG: lecho germinal. Hematoxilina-eosina 40x.

En los machos, el IGS para el período de transición lluvias-sequía presentó los valores más altos para los EMS II (2.99) y EMS V (0.93), mientras que el EMS IV mostró el valor más bajo (0.12) (Figura 6). En sequía, los valores de IGS presentaron un ascenso en todos los EMS a excepción del EMS III (1.03). Para el período de transición sequía-lluvias el valor más alto fue para el EMS III (1.89), seguido por el IV (1.47) y, finalmente, el EMS II (0.86).

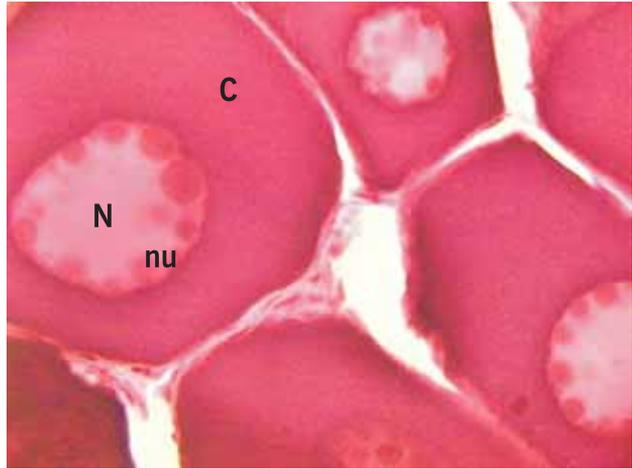
El examen histológico de las gónadas femeninas permitió observar las lamelas ovulíferas en el lumen del ovario, que consiste en una capa de epitelio germinal rodeado por una túnica albugínea, con presencia de tejido liso y conectivo. En esta estructura también están los ovocitos y las células foliculares. Se destacan algunas ovogonias, células pequeñas de forma ovoide, con su citoplasma

fuertemente basófilo (Figura 7).

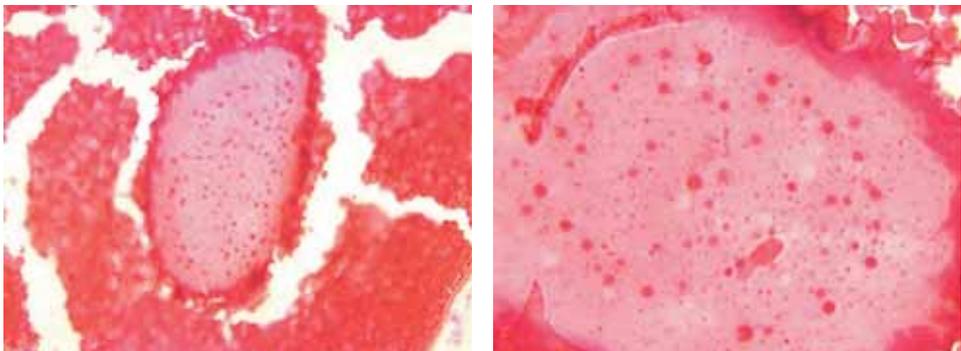
Los ovocitos son células de forma ovoide, en sus primeros períodos de desarrollo (ovoginias o ovocito previtolgénico), mientras que sus núcleos se colorean de color rosado.

La mayoría de las células observadas son ovocitos previtogénicos, lo que quiere decir que aún no se ha formado el vitelo. Se caracterizan por tener núcleos grandes y céntricos, con abundante nucleolos esféricos, situados en algunos casos por todo el núcleo (Figura 8) y, en otros casos, alrededor de la

envoltura nuclear; estos últimos son indicadores de mayor desarrollo del ovocito. Sus citoplasmas siguen siendo basófilos por lo que se colorean de morado intenso, mientras que sus núcleos lo hacen de color rosado (Figura 9). Los ovocitos aparecen rodeados por una capa de células foliculares, claramente en estadio cromatina-nucleolos. Estos presentaron un diámetro que osciló entre 57.78  $\mu\text{m}$  y 112.74  $\mu\text{m}$ , con un promedio de 95.56  $\mu\text{m}$ . Estos ovocitos se caracterizaron por su forma poliédrica y su citoplasma fuertemente basófilo. El promedio del tamaño de los núcleos medidos fue de 43.23  $\mu\text{m}$ , que representan el 45.23%, donde se observan claramente gran cantidad de nucleólos (6-10) que van migrando hacia la periferia.

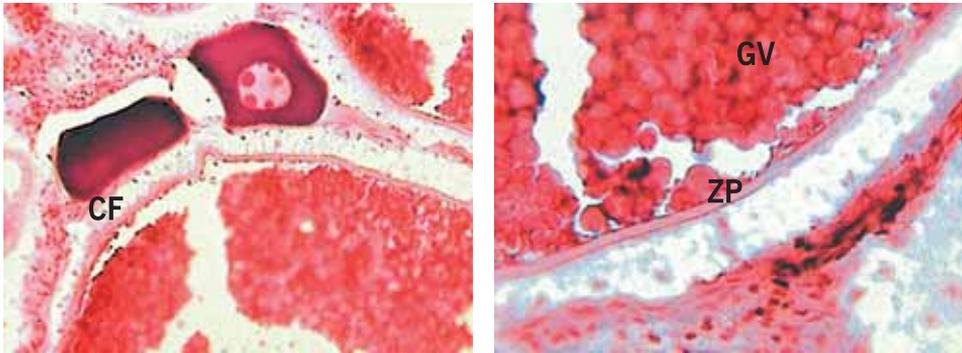


**Figura 8.** Ovocitos previtológicos en estado cromatina nucleolo. En el núcleo hay un gran número de nucleolos, situados mayormente en la periferia del núcleo. N- núcleo, n-nucleolos, C(a)- citoplasma fuertemente eosinófilo. Hematoxilina-eosina (100 x).



**Figura 9.** Se observa un núcleo de más desarrollo, en la fase de cromatina-nucleolo, se observan gran cantidad de nucleolos. Hematoxilina-eosina, A- 40 x y B, 100 x.

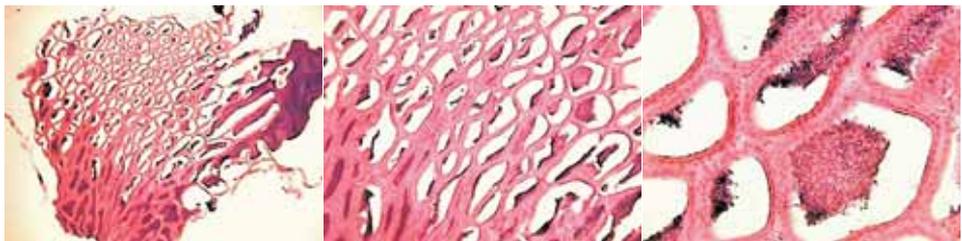
El otro grupo mayoritario de ovocitos, lo pudiéramos ubicar en una etapa de transición entre el estadio cromatina-nucleolos y alveolo cortical. Estos ovocitos presentaron un diámetro entre 582.52  $\mu\text{m}$  y 445.7  $\mu\text{m}$ , con un promedio de 514.64  $\mu\text{m}$ . Se caracterizaron por la disminución del tamaño de sus núcleos (116.18  $\mu\text{m}$  y 196.27  $\mu\text{m}$ ) que representaba el 31.86% del diámetro del ovocito. El núcleo sigue ocupando la región central, con gran cantidad de nucleolos más pequeños que pueden encontrarse tanto en la periferia como en la parte central del núcleo. En este estadio podemos observar claramente gran cantidad de células foliculares, la zona pelúcida o corion, en forma de una línea continua eosinófila y una teca de tejido conectivo rodeando al ovocito (Figura 10).



**Figura 10.** Se puede observar la zona pelúcida (ZP), los gránulos de vitelo (GV) y las células foliculares (CF). Hematoxilina-eosina 40x y 100x respectivamente.

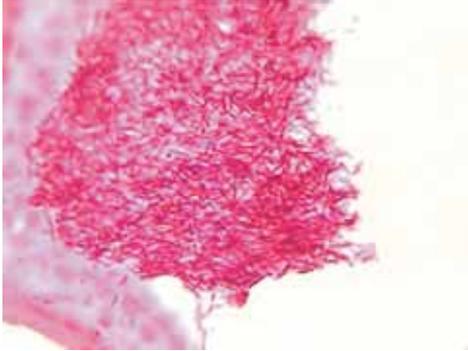
En los cortes histológicos de todo el material examinado de los machos de *Astroblepus homodon* se observaron espermatozoides maduros. Los túbulos seminíferos se encontraron, en muchos casos, repletos de espermatozoides o con una aglomeración hacia una parte de ellos, mientras que otros se hallaban completamente vacíos (Figura 11).

Los espermatozoides se encontraron aglomerados, formando una maraña espermática (Figura 12). Debido a esto no fue posible medir el diámetro de la cabeza y su longitud

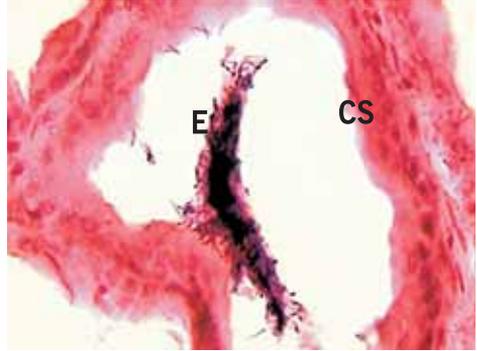


**Figura 11.** Túbulos seminíferos con presencia de espermatozoides. Hematoxilina-eosina A-4x, B-10x y C-40x.

total. También se pudo observar una gran cantidad de células de sertoli rodeando los túbulos seminíferos (Figura 13).

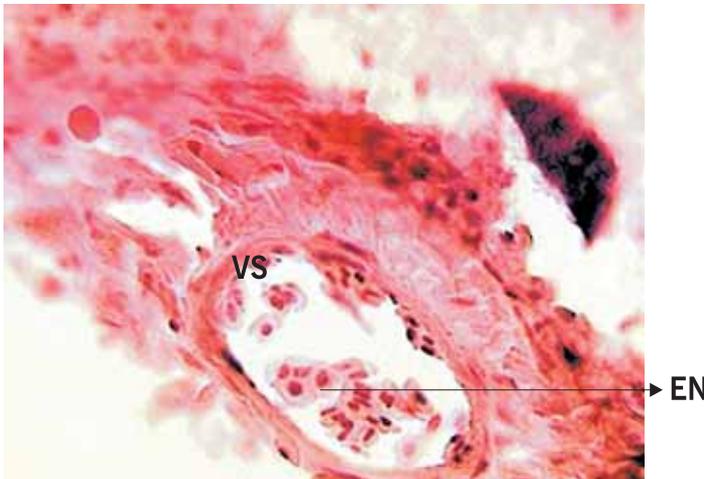


**Figura 12.** Aglomeración de gran cantidad de espermatozoides en un túbulo seminífero. Hematoxilina-eosina 100x.



**Figura 13.** Presencia de células de Sertoli (CS). Espermatozoides (E) con aspecto de alfiler de cabecita. Hematoxilina-eosina 100x.

La figura 14 corresponde a un vaso sanguíneo del ovario. Se pueden observar eritrocitos nucleados típicos de peces.



**Figura 14.** Se observa un vaso del sanguíneo ovario (VS). Presencia de eritrocitos nucleados (EN), típico de peces. Hematoxilina-eosina 100x.

## DISCUSIÓN

Es posible que exista una relación directamente proporcional entre la talla y la madurez sexual para ambos sexos. Los machos alcanzan una mayor talla más rápido durante el ciclo de desarrollo y maduración sexual, lo cual difiere de lo reportado en otras especies de *Astroblepus* (Alegría 1976; Briñez- Vásquez 2004).

Son diversos los reportes que concluyen que el principal período reproductivo de especies de peces neotropicales corresponde con el comienzo de lluvias (Lowe-McConnell, 1997; Machado-Allison y Zares, 1984). Sin embargo, este comportamiento reproductivo lo muestran especies que habitan ambientes muy estacionales como ríos de sabanas o grandes ríos como el Orinoco o el Amazonas, entre otros. De acuerdo con Ortaz (1997), “un desove poblacional en sequía puede garantizar un suministro adecuado de fases acuáticas de insectos a las larvas de peces que nacerán en este período”. Esto sugiere que posiblemente *A. homodon*, podría presentar este comportamiento reproductivo y seguir esta estrategia. Adicionalmente, los resultados del IGS y los estadios de madurez gonadal sugieren que la especie podría presentar actividad reproductiva durante todo el año con dos picos de máxima actividad reproductiva: período de sequía y transición. El peso, la longitud de los ovarios y la frecuencia porcentual de hembras maduras son evidencias de esa actividad. Estos resultados difieren de lo reportado por Román-Valencia (2001) para *A. cyclopus*, cuyo pico reproductivo se encuentra asociado al inicio del período de lluvias.

Es posible señalar que la fecundidad de esta especie difiere de lo reportado por Alegría (1976) en *Astroblepus* sp. (200 oocitos y 3 cm diámetro), y Román-Valencia (2001) para *A. cyclopus* (113 oocitos y 2.39 diámetro). Estas diferencias podrían justificarse, por ciertas consideraciones: primero, la información presentada es de diferentes especies; segundo, por factores tales como la talla del ejemplar y el espacio disponible para los oocitos en la cavidad abdominal (Vazzoler 1982), lo que presenta variaciones.

En la preparación histológica de los ovarios de *A. homodon* se pudieron observar ovogonias, ovocitos y células foliculares, que estuvieron presentes en las lamelas ovígera, lo que coincide con lo planteado por Selman y Wallace (1983), que señalan que tanto las oogonias, los ovocitos tempranos y las células foliculares se derivan de la lámina epitelial.

Se pudo observar en casi todas las láminas preparadas la presencia de nucleolos. Estas estructuras responden a los eventos que ocurren en detenimiento de la célula en profase meiótica. En este momento, los genes que codifican los ARN de los ribosomas se amplifican y son empaquetados en múltiples nucleólos que aparecen en las regiones periféricas del núcleo del ovocito (Gilbert, 1994; Carrillo & Zanuy, 1995). En los ovocitos previtelogénicos, que fueron los que más se observaron en nuestras preparaciones, aparece el núcleo de vitelo. Varios autores han referido que este núcleo tiene una composición de partículas de ribonucleoproteínas asociadas con cantidades variables de mitocondrias, y otros sistemas de endomembranas celulares definitivos para la síntesis y transporte de proteínas (Carrillo & Zanuy, 1995). Los núcleos vitelinos después de que se forman migran desde cerca del núcleo hacia la periferia del ovocito, dispersándose en partículas conocidas como *granulos de vitelo*, que tendrán implicación en la fabricación de organelos citoplasmáticos (Guraya, 1989). El proceso tiene como base la presencia de vitelogenina, una lipofosfoproteína sintetizada en el hígado y liberada a la sangre en respuesta a los estrógenos circulantes, lo que constituye el principal precursor de las proteínas del vitelo (Fragozo & Franco, 1993).

Las células foliculares que acompañan y colaboran activamente con el ovocito, sufren varios cambios de disposición (plana-cúbica-plana) (Gilbert, 2000). La zona pelúcida se observa también en nuestras láminas y consiste en una capa de matriz extracelular acelular, que se conoce también como *corion* y que tiene un papel primordial de la relación del ovocito con su ambiente extracelular (Gilbert, 2000).

Por último, los resultados histológicos en hembras, aunque no demuestran una reproducción de tipo sincrónica, sí indican que los desoves podrían estar ocurriendo en diferentes épocas durante el año. Carrillo y Zanuy (1995) mencionan que en los ovarios asincrónicos, el crecimiento ovocitario se lleva a cabo a partir de pequeñas cohortes de ovocitos, y que durante la época de recrudescencia gonadal, están presentes todos los estadios de desarrollo del ovocito. Se mostró un desarrollo gonadal sincrónico en los machos que no es definitivo, debido al bajo número de gónadas examinadas. Esta muestra no es significativa para establecer conclusiones.

En nuestros preparados no observamos ovocitos maduros que se caracterizan por la migración del núcleo, y toman una posición excéntrica por el cambio de la disposición y organización de las células foliculares. En la generalidad de las células se encontraron fundamentalmente ovocitos previtologénicos y cromatina-nucleolos que son antecelas de la maduración de estas células.

Estos resultados sugieren la posibilidad de una reproducción sincrónica, en la que los desoves pudieran estar ocurriendo en diferentes épocas durante el año, pero no de una forma continua. Sin embargo, para brindar conclusiones sobre la sincronía o asincronía de los ovarios de *A. homodon*, se requiere hacer muestreos mensuales durante todo el año, en los mismos lugares y con los mismos métodos de captura, lo que significa una estandarización de parámetros experimentales dependientes. También se deben efectuar mediciones de diámetro celular y nuclear para poder utilizar este parámetro en forma favorable para correlacionar el estadio de desarrollo de estas células y la relación con el diámetro de estas estructuras. Zanuy y Carrillo (2001) indican que en los ovarios asincrónicos, el crecimiento ovocitario se lleva a cabo a partir de pequeñas cohortes de ovocitos, y que durante la época de recrudescencia gonadal, están presentes todos los estadios de desarrollo del ovocito, aspecto que no fue observado en nuestro estudio.

Adicionalmente se observaron eritrocitos de peces que se distinguen muy bien de los eritrocitos de mamíferos por la presencia de núcleo, ya que, al tener otros mecanismos para el suministro de oxígeno al organismo desde el agua, no necesitan la alta especialización que presentan los eritrocitos de los mamíferos en la única y principal tarea de su transporte.

La posibilidad de medir los diámetros de los ovocitos y de sus núcleos apoyó nuestras conclusiones primarias, al dividir a los ovocitos observados en dos grupos fundamentales: El primer grupo con un diámetro que osciló entre 57.78  $\mu\text{m}$  y 112.74  $\mu\text{m}$ , con un promedio de 95.56  $\mu\text{m}$ , con núcleos que representaban aproximadamente el 45% de su diámetro total y que se encontraban en el estadio cromatina-nucleolo. El otro grupo mayoritario con diámetros de 445.7 a 582.52  $\mu\text{m}$  con núcleos que representaron el 31% aproximadamente. Estos ovocitos fueron ubicados en una etapa de transición desde

cromatina –nucleolo hacia alveolo cortical. La posibilidad de efectuar muestreos continuos y medir estos parámetros en los ovocitos, constituirían herramientas fundamentales para contar con una caracterización completa del desarrollo gonadal.

En ninguna de las muestras que se procesaron se pudo observar el proceso de espermatogénesis. Sólo fueron observados espermatozoides en el lumen de los túbulos seminíferos, rodeados de células de Sertoli, y algunos otros túbulos seminíferos vacíos. No fue posible detallar las características de los espermatozoides, ni hacer mediciones de sus cabezas, por la gran aglomeración y “maraña espermática”, que se observó en los preparados. En este caso, se observó más claramente un desarrollo gonadal sincrónico en machos *A. homodón* estudiados, que no puede ser concluyente por todos los parámetros que se deben estandarizar para este tipo de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen al Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima y la Corporación Autónoma Regional del Tolima - Cortolima, por la financiación de este estudio. Un agradecimiento especial a la Dra. Ana Clara Sanz por su asesoría en la realización del trabajo. A la Universidad de la Habana (Cuba) por su colaboración para la captura de imágenes microscópicas y la medición del diámetro celular y nuclear, con el Motiv-Imagen. Al personal del Laboratorio de Investigación en Zoología - LABINZO y Julián Upegui histotecnólogo del Laboratorio de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad del Tolima, por su apoyo en el procesamiento de las muestras.

## REFERENCIAS

- Alegria, J. Aspectos Bioecológicos del “pez negro” *Astroblepus sp.* en el departamento del Cauca, Colombia. (1976). *Proyecto Pesca Continental. Regional Sur – Occidental. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente Inderena.* Popayán - Cauca. 24 p.
- Bayuelo-Espitia, V. (2003). Desarrollo de las gónadas de *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) en el Jardín Zoológico de La Habana. Tesis de grado para optar por el título de Magíster en Biología. Universidad de La Habana. Facultad de Biología. Departamento de Biología animal y Humana.
- Briñez-Vásquez, G. Distribución altitudinal, diversidad y algunos aspectos ecológicos de la familia Astroblepidae (*Pisces: Siluriformes*) en la cuenca del río Coello (Tolima). (2004). Tesis de grado para optar por el título de Biólogo. Universidad del Tolima. Facultad de Ciencias.
- Briñez-Vásquez, G.; Villa-Navarro FA, Ortega Lara A, Reinoso G, y García, JE. (2003). Distribución y diversidad de la familia Astroblepidae (*Pisces, Siluroidei*) de la cuenca del río Coello (Tolima). *Mem. Asoc. Colomb. Cienc. Biol.* (Agosto).
- Briñez-Vásquez, G.; Villa-Navarro FA, Ortega-Lara A, Reinoso-Flórez G, y García-Melo, JE. (2005) Distribución altitudinal y diversidad de la familia Astroblepidae (*Pisces, Siluroidei*), en la cuenca del río Coello, Tolima. *Dhalia (Rev. Asoc. Colomb. Ictio)* 8: 39-46 p.

- Buitrago-Suárez, U. y Galvis, G. (1997). Description of some accessory structures of the urogenital system in the neotropical family Astroblepidae (*Pisces, siluroidei*). *Rev. Acad. Colomb. Cien. Santa fe de Bogotá*. Vol. 21: p 347-352.
- Buitrago-Suárez, U. Sistemática de las especies colombianas del género *Astroblepus* Humboldt 1805 (*Pisces: Siluroidei: Astroblepidae*). (1995). Tesis de grado para optar por el título de Magíster en Biología (Línea sistemática). Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales.
- Carrillo, M. y Zanuy, S. (1995). Manipulación de la reproducción de teleosteos y calidad de los peces. Instituto de Acuicultura de Torre de Sal. C.S.I.C., Universidad de Barcelona, España. p: 450-455.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima - Cortolima. 1998. Plan de Gestión Ambiental para el departamento del Tolima 1998 - 2002. Ibagué. 165 p.
- Dahl, George. Fishes from western Colombia. *Caldasia*. 8 (39), 459-461.
- Eigenmann, Carl. (1929). The fishes of the Northwestern South America, part I. The fresh-water fishes of Northwestern South America, including Colombia, Panamá, and Pacific slopes of Ecuador y Peru, together with an appendix upon the fishes of the río Meta in Colombia. *Mem. Carnegie Mus.* 9(1), 1-346.
- Galvis, G., Mojica, J.I. y Camargo, M. (1997). Peces del Catatumbo. Bogotá: *Asociación Cravo Norte*, 98-99.
- Gonzales, Eduardo *et al.* (1996). Datos bioecológicos del Oscar, *Astronotus Ocellatus* (*Pisces: Cichlidae*), en los alrededores de Leticia, Amazonía. *Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.* 1, 51-62.
- Guraya, S. S. (1989). Ovarian follicles in reptiles and birds. *Springer, Berlín Heidelberg*, 270.
- Lavaestu, T. (1977). Manual de métodos de biología pesquera. *Acribia*, 243.
- Lowe-Mc C. Ecological study in tropical fish communities. En: Ortaz, M. Ciclo reproductivo y reproducción de *Creagrutus bolivari* (*Pisces: Characidae*) en Venezuela. Caracas. (1997), p.1-2.
- Machado-Allison, A. (1990). Ecología de los peces de las áreas inundables de los llanos de Venezuela. *Interciencias*. 15, 411-423.
- Miles, Cecil. (1971). Los peces del río Magdalena. *Reimpresión Ediciones UT: Ibagué*.
- Nikolsky, G. (1963). The ecology of fishes. Academic Press, London, 35.
- Ortaz, M. (1997). Ciclo reproductivo y reproducción de *Creagrutus bolivari* (*Pisces: Characidae*) en Venezuela. Caracas. 1-2.
- Román-Valencia, C. (2001). Ecología trófica y reproductiva de *Trichomycterus caliense* y *Astroblepus cyclopus* (*Pisces: Siluriformes*) en el río Quindío, Alto Cauca, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 49 (2), 657 - 666.

- Schaefer, S. (2003). Family Astroblepidae. In: E. Reis, O. Kullander & J. Ferraris Jr. (eds.). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre, RS, Brasil. 312 – 316.
- Selman, K. & Wallace, R. A. (1983). Oogenesis in *Fundulus heteroclitus*. III. Vitellogenesis. *J. Exp. Zool.*, 226: 441-457
- Taylor, R. (1967). An enzyme method of clearing and staining small vertebrates. *Proceed. Nat. Mus.* 122 (3596), 1 – 17.
- Vazzoler, A. E. (1982). Manual de metodos para estudos biologicos de populacoes de peixes re-producao e crecimiento. Brasilia: CNPq. Programa Nacional de Zoología, 1982. p. 107.
- Zanuy, S. y Carrillo, M. (1991) Control de la reproducción en los teleósteos. *Política Científica*. Ed. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, Secretaria de Estado Universidades e Investigación, Gabinete de Presa. Madrid. España. p. 29-34. 

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Briñez-Vásquez, G. N., Francis-Turner, L. Aspectos reproductivos de <i>Astroblepus homodon</i> (Regan, 1914) ( <i>Pisces, siluriformes</i> ) en la cuenca del río Coello, Tolima. <i>Revista Tumbaga</i> (2006), 1, 5-20	Día/mes/año 06/03/2006	Día/mes/año 02/08/2006