

January 2017

Desarrollo embrionario del capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces: Trichomycteridae)

Julio Alberto González Acosta
Universidad de La Salle, jagonzaleza@unisalle.edu.co

Beatriz Elena Zapata Berruecos
beelzabe@gmail.com

Rafael Rosado Puccini
Truchas de La Sierra, Guasca, rrosadop@unal.edu.co

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv>

Citación recomendada

González Acosta JA, Zapata Berruecos BE y Rosado Puccini R. Desarrollo embrionario del capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces: Trichomycteridae). Rev Med Vet. 2017;(35): 137-147. doi: <https://doi.org/10.19052/mv.4396>

This Artículo de Investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de Medicina Veterinaria by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

Desarrollo embrionario del capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces: Trichomycteridae)

Julio Alberto González Acosta¹ / Beatriz Elena Zapata Berruecos² / Rafael Rosado Puccini³

Resumen

Eremophilus mutisii es una especie nativa, endémica, del altiplano central colombiano, donde tiene un carácter emblemático y con características que permiten inferir algún potencial piscícola. Con el objetivo de avanzar en el conocimiento sobre aspectos relacionados con su reproducción, se adelantó un seguimiento del desarrollo embrionario bajo condiciones controladas de laboratorio. Para ello, ejemplares silvestres y sexualmente maduros fueron inducidos con extracto de hipófisis de carpa, en dosis totales de 5,5 mg kg⁻¹ en hembras y 4,0 mg kg⁻¹ en machos, siguiendo protocolos con respuesta demostrada. La fertilización se realizó en seco y la incubación se adelantó en frascos de vidrio de 3,6 L a 16,15 ± 1,1 °C. Se colectaron muestras cada hora desde ovocélula hasta eclosión, y se establecieron los estadios por medio de observación en estereoscopio y con una descripción también apoyada con material fotográfico. Se trata de huevos esféricos, adherentes, con 1052 ± 60,2 µm de diámetro, telolecíticos, y con segmentación mero-blástica. Para los estadios de cigoto, clivajes, blastomeración, blástula, gástrula, organogénesis y eclosión, la descripción se realiza en 20 momentos clave, referenciados temporalmente en horas posfertilización (HPF), grados hora (grados h⁻¹) y grados día (grados d⁻¹). Comparado con otros bagres nativos, el periodo de desarrollo se considera extenso, con eclosión completa a las 100 HPF (1615 grados h⁻¹; 387,6 grados d⁻¹). Las larvas nacieron con una longitud total de 3148 ± 176 µm, con un saco vitelino de forma redondeada con un diámetro medio de 0,9 ± 0,08 mm y un volumen de 0,382 mm³.

Palabras clave: desarrollo embrionario, eclosión, *Eremophilus mutisii*, incubación, larva.

Embryonic development of *Eremophilus mutisii*, “the captain of the savannah” (Pisces: Trichomycteridae)

Abstract

Eremophilus mutisii is a native, endemic species of the Colombian central highlands, with an emblematic character and characteristics that allow inferring some fish farming potential. In order to advance our knowledge about aspects related to its reproduction, embryonic development was monitored under controlled laboratory conditions. To this effect, wild and sexually mature specimens were induced with carp pituitary extract, in total doses of 5.5 mg kg⁻¹ in females and 4.0 mg kg⁻¹ in males, following protocols with demonstrated response. Fertilization was performed dry and incubation was carried out in glass vials of 3.6 L at 16.15 ± 1.1 °C. Samples were collected every hour from egg cells to hatching, and stages were established by means of stereoscopic observation and described with supporting photographic material. They are spherical, adherent eggs, with a diameter of 1052 ± 60.2 µm, telolecithal, and with meroblastic segmentation. For the stages of zygote, cleavages, blastocyst formation, blastula, gastrula, organogenesis, and hatching, description was done in 20 key moments, referenced temporarily in post-fer-

- 1 Biólogo. Esp. MSc., Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
✉ jagonzalez@unisalle.edu.co
- 2 Zootecnista. Esp.
✉ beelzabe@gmail.com
- 3 Biólogo marino. Esp., MSc., Truchas de La Sierra, Guasca, Cundinamarca, Colombia.
✉ rosadop@unal.edu.co

Cómo citar este artículo: González Acosta JA, Zapata Berrueco BE, Rosado Puccini R. Desarrollo embrionario del capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces: Trichomycteridae). Rev Med Vet. 2017;(35):137-47. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4396>

tilization hours (PFH), degrees/hour (degrees h⁻¹), and degrees/day (degrees d⁻¹). Compared with other native catfish, the development period is considered extensive, with full hatching at 100 PFH (1615 degrees h⁻¹; 387.6 degrees d⁻¹). The larvae were born with a total length of 3148 ± 176 μm, with a rounded yolk sac with a mean diameter of 0.9 ± 0.08 mm and a volume of 0.382 mm³.

Keywords: embryonic development, hatching, *Eremophilus mutisii*, incubation, larvae.

Desenvolvimento embrionário do capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces: Trichomycteridae)

Resumo

Eremophilus mutisii é uma espécie nativa, endêmica, do altiplano central colombiano, onde têm um caráter emblemático e com características que permitem inferir algum potencial piscícola. Com o objetivo de avançar no conhecimento sobre aspectos relacionados com sua reprodução, fez-se um seguimento do desenvolvimento embrionário sob condições controladas de laboratório. Para isso, exemplares silvestres e sexualmente maduros foram induzidos com extrato de hipófise de carpa, em doses totais de 5,5 mg Kg⁻¹ em Fêmeas e 4,0 mg Kg⁻¹ em machos, seguindo protocolos com resposta demonstrada. A fertilização realizou-se em seco e a incubação foi realizada em frascos de vidro de 3,6 L a 16,15 ± 1,1 °C. coletaram-se amostras cada hora desde ovocélula hasta eclosão, e se estabeleceram os estados por meio de observação em estereoscópio e com uma descrição também apoiada com material fotográfico. Se trata de ovos esféricos, aderentes, com 1052 ± 60,2 μm de diâmetro, telolécitos, e com segmentação meroblástica. Para os estados de zigoto, clivagens, blastomeração, blástula, gástrula, organogênese e eclosão, a descrição se realiza em 20 momentos chave, referenciados temporariamente em horas pós-fertilização (HPF), graus hora (graus h⁻¹) e graus dia (graus d⁻¹). Comparado com outros bagres nativos, o período de desenvolvimento se considera extenso, com eclosão completa às 100 HPF (1615 graus h⁻¹; 387,6 grados d⁻¹). As larvas nascem com uma longitude total de 3148 ± 176 μm, com um saco vitelino de forma arredondada com um diâmetro médio de 0,9 ± 0,08 mm e um volume de 0,382 mm³.

Palavras chave: desenvolvimento embrionário, eclosão, *Eremophilus mutisii*, incubação, larva.

INTRODUCCIÓN

El capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*) es el bagre nativo de mayor tamaño presente en aguas de baja temperatura en el país, y como especie endémica de zonas del altiplano central colombiano, tiene un carácter emblemático (1). Además de su importancia cultural y ambiental para la región, presenta características que presumen algún potencial para piscicultura (2). Se comercializa y consume en zonas aledañas a los cuerpos

de agua en los que habita, donde se le reconoce por la calidad de su carne (3), en una oferta que exclusivamente se basa en la extracción por pesca. Los efectos asociados al deterioro de los sistemas se identifican como factores de riesgo para las poblaciones naturales, por lo que actualmente se la califica como especie vulnerable (4).

En general, la cantidad de referentes publicados sobre la especie es escasa (5), inferior a los disponibles para

otros bagres nativos en el país, sobre los que se han realizado esfuerzos para desarrollar procedimientos orientados a manejo piscícola. Aun así, en los últimos años ha sido notorio un incremento en los registros que abordan aspectos reproductivos que, en complemento a aquellas descripciones de ciclo gonadal en áreas de distribución natural, incluyen los relacionados con el control artificial de la reproducción (6-9).

Si bien se registra la presencia permanente de ejemplares maduros a lo largo del año en ciertos sistemas (3), son varios los trabajos que confirman una marcada relación de los picos de actividad reproductiva con la época de lluvias (10,11), periodo en el que los cuerpos de agua se encuentran en máximos niveles. Está descrito el fenómeno de “rebote”, en el que se presenta la afluencia masiva de ejemplares hacia las orillas para efectos reproductivos; es particularmente notorio en embalses; tiene una duración de pocos días y, por lo general, solo se presenta en horas nocturnas. Coincide cada año con los picos de lluvias, por lo que normalmente se registra dos veces en el año. El rebote no está documentado en sistemas naturales (como ríos, lagos o lagunas), y tampoco hay claridad sobre su manifestación en pequeños cuerpos de agua (vallados y acequias) (1,2). Estas circunstancias restringen la disponibilidad a ejemplares del medio, y dificulta la ejecución de programas experimentales de manejo en condiciones de cautiverio.

No obstante, la determinación de algunos elementos de respuesta al uso de inductores se constituye en un avance operativo que ha permitido estructurar pasos siguientes en la resolución de limitantes en el manejo de la reproducción de la especie. Entre estos, puntualizar sobre los periodos que demanda la aparición de eventos principales en el desarrollo embrionario en peces es una herramienta útil, en especial cuando se realiza el manejo de incubación y larvicultura con fines de producción (12). El tiempo en el que aparecen estructuras relevantes facilita establecer momentos de control y de cuantificación sobre la eficiencia de los procesos, particularmente en esquemas investigativos en los que se busca establecer condiciones óptimas para el manejo de estas fases, lo que para la especie aún requiere precisión

experimental. Por tanto, el objetivo del presente trabajo es presentar la descripción global de los principales eventos que se identifican dentro del desarrollo embrionario del capitán de la sabana, en un esquema controlado de obtención de huevos y manejo en incubación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron peces del medio, capturados mediante trasmallo en el embalse de Tominé, que se localiza a 2600 m s. n. m., en el nororiente del departamento de Cundinamarca (Colombia). El transporte desde el sitio de captura hasta las instalaciones de manejo en el municipio de Guasca (Cundinamarca) se realizó en bolsas plásticas de 20 L, con oxígeno a presión. Los ejemplares se ubicaron en un estanque de 15 m², previamente encajado, protegido de forma parcial con polisombra y con un flujo constante de agua de 1 L s⁻¹.

De los peces trasladados, se seleccionaron tres hembras y cinco machos, según evidencias externas de madurez sexual. Los criterios determinantes fueron: en hembras, la forma de la papila y el abultamiento del abdomen; en machos, la emisión de esperma. Se certificó el estado de los huevos mediante el aclaramiento de una muestra con líquido de Serra y determinación del porcentaje con núcleos migrando o periféricos. Cada ejemplar fue pesado en una balanza eléctrica OHAUS (con aproximación a 0,1 g), y fue medido en longitud total con un ictiómetro graduado en milímetros. La identificación individual se realizó con marcas plásticas de diferentes colores localizadas en la base de la aleta dorsal.

Para la reproducción se utilizó el protocolo hormonal con el que se obtuvo respuesta ovulatoria efectiva, de acuerdo con lo descrito en Rodríguez y Rosado (6) y González y Rosado (8), utilizando como inductor extracto de hipófisis de carpa (EHC). La dosis total para las hembras fue de 5,5 mg kg⁻¹ aplicada en una preparatoria del 10 % y una definitiva del 90 %, separadas por un intervalo de 12 h. En machos se aplicó una sola dosis (4 mg kg⁻¹) en el momento de la segunda inyección de las hembras. Las aplicaciones fueron intraperitoneales

(IP) con jeringas de 1 ml. Durante el proceso, los peces fueron mantenidos en dos acuarios (de 40 L), provistos con aireación y cubiertos completamente con plástico oscuro. Comprobada la ovulación, las puestas fueron obtenidas por extrusión, recibidas en recipientes independientes y, por lote, se realizó una medición del diámetro oocitario de tres muestras de 50 huevos cada una. La seminación se hizo en seco, y, antes de la hidratación, cada puesta fue pesada con el fin de estimar la cantidad de huevos obtenidos. En la incubación se utilizaron frascos de vidrio de 3600 ml, con cada puesta en un recipiente independiente. La temperatura del agua se controló a través de calentadores con termostato, y fue medida cada hora durante el proceso. Los frascos fueron provistos de aireación permanente, y las limpiezas, registro de la mortalidad y renovación de agua (50%) se realizaron diariamente.

Con base en referencias previas sobre la duración de la etapa en el capitán, se determinó tomar muestras ($n = 50$) cada hora, desde el momento de la fertilización (hora 0) hasta que se determinó una eclosión superior al 90%. La secuencia del desarrollo embrionario fue monitoreada y documentada con registros fotográficos de las muestras, utilizando una cámara digital acoplada a un microscopio (Nikon, SMZ800). Las descripciones morfológicas se basaron en la investigación de Clavijo y Arias (13), y los eventos se registraron en horas posfertilización (HPF), grados hora (grados h^{-1}) y grados día (grados d^{-1}). El seguimiento finalizó en eclosión, con los últimos registros correspondientes a la determinación de la longitud de las larvas y el diámetro y volumen del saco vitelino.

RESULTADOS

Las hembras inducidas presentaron una longitud total promedio de $23,5 \pm 3,01$ cm y pesos entre 130 y 240,8 g. En machos, la talla media fue de $20,7 \pm 2,47$ cm en lon-

gitud total, y de $84,7 \pm 25,11$ g en peso. El protocolo utilizado fue efectivo en promover la ovulación y facilitar la extrusión de los huevos; esta se realizó entre las 22 y las 26 h después de la segunda dosis (a $13,2^{\circ}C$), lo que precisa el periodo de latencia en el rango de 290 a 345 grados h^{-1} (figura 1). Durante la incubación, la temperatura promedio fue de $16,15 \pm 1,1^{\circ}C$, y la concentración de oxígeno disuelto, de $7,2 \pm 0,3$ mg L^{-1} . La cantidad de esperma adicionada fue suficiente para asegurar una fertilización que fue superior al 80% en cada una de las tres hembras inducidas, estimada en el momento del cierre del blastoporo. Para efectos de seguimiento sobre el desarrollo, se utilizaron muestras provenientes de la puesta en la que se obtuvo el mayor porcentaje de fertilización (92,2%).

Se trata de ovocitos esféricos, con una coloración que varía en diversas tonalidades de verde; son adherentes, por lo que se aplicó un baño en solución de carbamida antes del ingreso a incubación, lo que evitó la formación de masas aglutinadas dentro de los recipientes. El diámetro promedio fue $1052 \pm 60,2$ μm , que se incrementó hasta 2890 ± 175 μm , cuando la hidratación finaliza y se hace visible la doble membrana característica de silúridos (14). Son huevos telolecíticos, con segmentación meroblástica localizada en el polo animal.

Del total de muestras obtenidas, el desarrollo embrionario fue finalmente descrito en 20 momentos que son representativos de los estadios desde ovocélula hasta eclosión. El 90% de la eclosión se presentó a las 100 HPF (4,17 días) a $16,15^{\circ}C$ (que, tomada como temperatura de referencia, estandariza la duración del proceso en 1615 grados h^{-1} o 386,4 grados d^{-1}). La tabla 1 resume la secuencia de desarrollo en los eventos definidos y en las figuras 2, 3 y 4 se presentan las imágenes que corresponden a los momentos identificados como representativos de los diferentes estadios. Finalmente, la figura 5 muestra las características de una larva recién eclosionada.

Figura 1. Secuencia del proceso de extrusión de huevos y fertilización sobre ejemplares de capitán de la sabana inducidos hormonalmente



Tabla 1. Descripción cronológica de las principales etapas en el desarrollo embrionario de *E. mutisii*

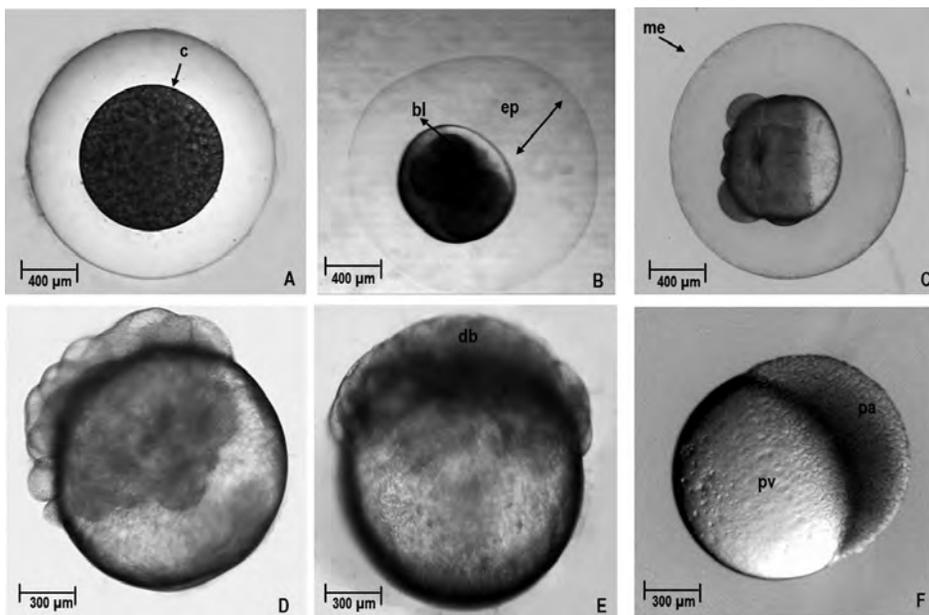
HPF	Grados h ⁻¹	Grados d ⁻¹	Estadio	Descripción
0,0	0,0	0,0	Ovocélula	Huevo recién fertilizado. Inicio de la elevación del corión y progresiva formación del espacio perivitelino (figura 2A).
1,5	24,2	1,0	Doble membrana	Hidratación completa. Se forma el espacio perivitelino. Diferenciación de polos animal y vegetal.
4,0	64,6	2,7	Primer clivaje	Huevo con dos células o blastómeros de igual tamaño. La división del blastodisco es vertical.
5,0	80,7	3,4	Segundo clivaje	Huevo en división formando cuatro blastómeros. Los planos de segmentación son perpendiculares y en ángulo recto (figura 2B).
5,5	88,8	3,7	Tercer clivaje	El tercer plano de división fue doble y paralelo al primero, lo que origina 8 blastómeros (figura 2C).
7,0	113,0	4,7	Blastomeración	Aumento de las divisiones y número de células, lo cual dificulta la visualización y conteo de los blastómeros (figura 2D).
8,0	129,2	5,4	Blastulación	Se observa un complejo de células dispuestas sobre un vitelo no dividido formando el blastodisco; sus células se fusionaron con el vitelo formando el periblasto (figura 2E).
10,0	161,5	6,7	Blastulación	Se observa achatamiento del blastodisco, marcando el final de la blastulación. Comienzo de la gastrulación con inicio de movimientos epibólicos. 10% de epibolia. Las células se reordenan e inician la migración hacia el polo vegetal. La masa vitelina se recubre gradualmente (figura 2F).

Continúa

HPF	Grados h ⁻¹	Grados d ⁻¹	Estadio	Descripción
22,0	355,3	14,8	Gastrulación	Recubrimiento epibólico de la masa vitelina en un 50%. Células convergen hacia la línea media dorsal. Se inicia progresivamente la invaginación del blastodermo (figura 3A y 3B).
25,0	403,8	16,1	Gastrulación	70% de epibolia (figura 3C).
29,0	Xxx	19,5	Gastrulación	80% de epibolia (figura 3D).
32,0	516,8	21,5	Gastrulación	90% de epibolia. El anillo germinativo se contrae hasta cerrar el blastoporo (figura 3E).
35,0	565,2	23,6	Gastrulación	Se diferencia el eje cráneo-caudal del embrión, lo que marca la finalización de la gastrulación y el inicio de la organogénesis (figura 3F).
45,0	726,7	30,3	Organogénesis temprana	El embrión se diferencia claramente en sentido cráneo-caudal sobre el saco vitelino (figura 4A).
55,0	888,2	37,0	Organogénesis media	La región cefálica se encuentra bien diferenciada. Se observan los primeros somitas mesodérmicos y la diferenciación de la vesícula ótica (figura 4B).
68,0	1098,2	45,8	Organogénesis tardía	Embrión avanzado con la cola desprendida del saco vitelino. Se diferencian las vesículas óticas y los somitas son más nítidos (figura 4C y 4D).
72,0	1162,8	48,5	Organogénesis tardía	Embrión avanzado con alta actividad física y continuas contracciones corporales. Aparecen los primeros movimientos caudales (figura 4E y 4F).
80,0	1292,0	53,8	Organogénesis tardía	Es evidente un avanzado deterioro del corion. El embrión continúa con alta actividad física. Las contracciones corporales son más fuertes y continuas (figura 4G).
92,0	1485,8	61,9	Inicio del proceso de eclosión	Lisis del corion e inicio de la eclosión. Cuerpo sin pigmentación y sin aberturas oral ni anal (figura 4H).
100,0	1615,0	67,3	Larva recién eclosionada	Hay ausencia de pigmentación, sin abertura bucal ni anal, aleta primigenia bien desarrollada bordeando la región caudal, bulbo olfatorio, corazón, dos otolitos en la vesícula ótica, cápsula óptica y ojos sin pigmentación; el nado es errático y la longitud media es de 3,1 mm y el diámetro del saco vitelino es de 0,9 mm (figura 5).

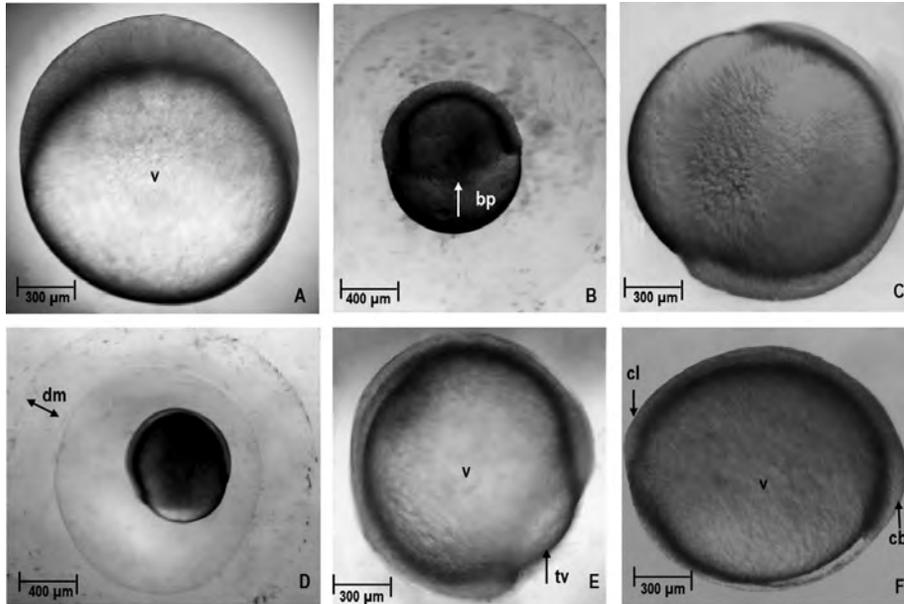
HPF: horas posfertilización.

Figura 2. Blastomeración y blastulación en capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*)



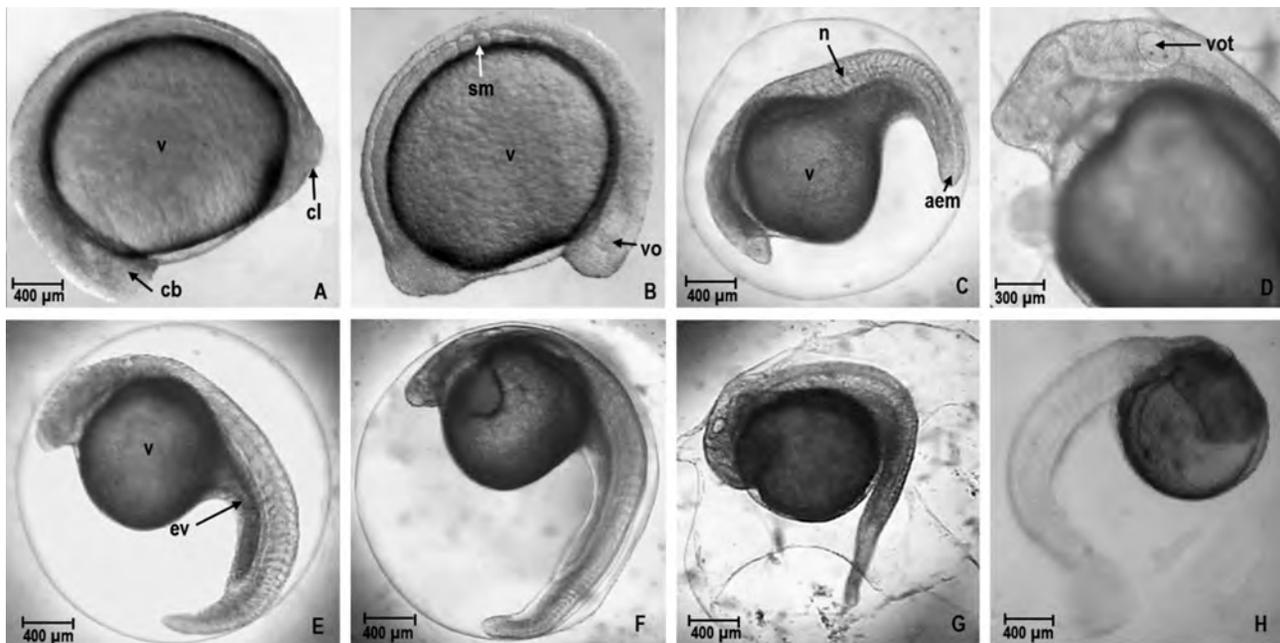
A) Ovocito recién fertilizado, 0 horas posfertilización (HPF); B) ovocito hidratado y segundo clivaje, 5 HPF; C) tercer clivaje, 8 blastómeros, 5,5 HPF; D) 7 HPF; E. Blastulación, 8 HPF; F) 10 HPF. Corion (c), blastómeros (b), espacio perivitelino (ep), membrana externa (me), blastodisco (db), polo animal (pa), polo vegetal (pv).

Figura 3. Gastrulación en el capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*)



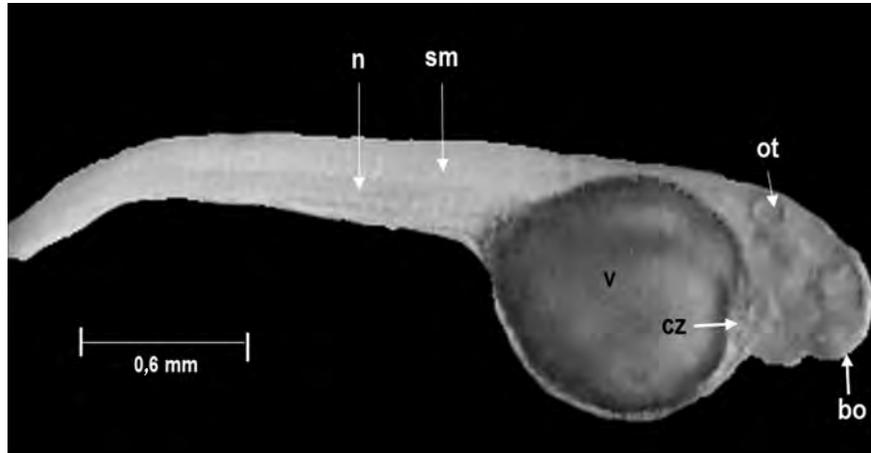
A) y B) Epibolia del 50 %, 22 HPF; C) epibolia de 70 %, 25 HPF; D) epibolia del 80 %, 29 HPF; E) epibolia del 90 % y cierre del blastoporo, 32 HPF; F) diferenciación del eje cráneo-caudal, 35 HPF. Vitelo (v), borde del periblasto (bp), doble membrana (dm), cola (cl), cabeza (cb), tapón del vitelo (tv).

Figura 4. Organogénesis en el capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*)



A) 45 HPF; B) 55 HPF; C) y D) 68 HPF; E) y F) 72 HPF; G) 80 HPF; H) 92 HPF. Vitelo (v), cabeza (cb), cola (cl), somitas (sm), vesícula óptica (vo), ectodermo (ec), aleta embrionaria (aem), vesícula óptica (vot), notocorda (n). (6,4X).

Figura 5. Larva recién eclosionada de capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*)



bo: bulbo olfatorio; cz: corazón; ot: otólitos; n: notocorda; sm: somitas; v: vitelo.

DISCUSIÓN

El peso de la puesta finalmente utilizada para el seguimiento fue de 12,6 g, el cual, con el número de huevos g^{-1} en el rango de 1132 a 1473 que ha sido registrado (6, 8), representó alrededor de 16.400 ovocitos, cantidad que coincide con los referentes de fecundidad absoluta (10.000-50.000) que registra Amaya (15) para la especie.

Se trata de huevos pequeños ($1052 \pm 60,2 \mu m$), comparables en diámetro con los de otros silúridos, como *Rhamdia sebae*, con $930 \mu m$ (16); *Rhamdia quelen*, con $963 \mu m$ (17); *Sorubim cuspicaudus*, con $1492 \mu m$ (18); *Pseudoplatystoma fasciatum*, con 1625 ± 153 (19); *Pimelodus grosskopfii*, con $1200 \pm 16 \mu m$ (20); *Leiarius marmoratus*, con $665 \pm 3,11$ (21), entre otros. La talla de la larva recién eclosionada fue de $3148 \pm 176 \mu m$, dato similar e intermedio dentro de los $3030 \mu m$ para *L. marmoratus* (21) y los $3320 \mu m$ para *S. cuspicaudus* (18), que son los dos valores extremos entre las especies anteriormente mencionadas.

En el capitán, el desarrollo embrionario determinado en los estadios principales de ovocélula, clivaje —que fina-

liza con el establecimiento del blastodermo—, gastrulación —con epibolia progresiva hasta el cerramiento del blastoporo—, organogénesis —con diferenciación de regiones cefálica, caudal y aparición de somites— y, finalmente, la eclosión —con rompimiento del corion y salida de la larva—, se ajusta, en función de los detalles descriptivos para cada evento, a un patrón equivalente al que ha sido descrito para otros bagres (16-21). Estos ejemplos también muestran correspondencia entre sí con el esquema común que para bagres en general relacionan Adriaens y Vandewalle (22).

Independientemente de la similitud en el patrón global, el rasgo más notable dentro del desarrollo de *E. mutisii* radica en la duración del proceso. En general, es la temperatura el factor que explica el que la aparición de las estructuras en el capitán demande un tiempo mayor (en términos absolutos), cuando se compara con datos de otros bagres, aun cuando los referentes en el país corresponden solo a especies de clima cálido. En la actualidad no se dispone de datos que permitan una comparación con otras especies de aguas frías emparentadas con el capitán (por ejemplo, género *Pygidium*). Hasta eclosión, el registro de 100 HPF ($1615 \text{ grados } h^{-1}$) es notoriamente

te superior a los periodos (siempre inferiores a 24 h en temperaturas entre 24 y 28 °C) que se registran para *Pimelodus* (20), *Pseudoplatystoma* (19,23), *Leiarius* (21), *Sorubim* (18), entre otros.

Para el caso del capitán, la extensión del periodo genera desafíos en cuanto a la producción, pues los sistemas de incubación para utilizar deben promover el mantenimiento de condiciones suficientes de calidad de agua durante varios días. Además, la manifestación de mortalidades diferenciales durante el proceso, con eventual asociación a alguno de los estadios descritos, es una cuestión por determinar para la especie, en tanto puede ofrecer un referente para la determinación de los sistemas de incubación más efectivos. Adelantar el proceso en recipientes, como los que se utilizaron en este caso, demanda rutinas de manejo permanentes que, por lo exigentes, dejan de ser prácticas bajo esquemas de mantenimiento de mayor escala en lo que respecta a cantidad de huevos, limitación que para el capitán ya ha sido mencionada (6,8).

Alrededor de los 1485 grados h^{-1} se observa la eclosión de las primeras larvas, que alcanzan más del 90 % cuando se completan los 1615 grados h^{-1} , es decir, con unas 8 h de diferencia. Aunque este tiempo es aparentemente extenso, la comparación no procede con otros registros, debido a la temperatura en la que se adelantó la incubación. El efecto causal de este intervalo sobre la heterogeneidad de la talla inicial en las larvas, y su posible incidencia en la manifestación de conductas caníbales, en el sentido en el que lo refieren Díaz-Olarte y colaboradores (23), es un aspecto por precisar en el capitán. Tanto estos autores, para *Pseudoplatystoma* sp., como Valbuena y colaboradores (20), para *P. grosskopfii*, mencionan que la duración del proceso de eclosión puede explicar las pérdidas que por canibalismo se observó en las dos especies.

El deterioro progresivo del corion, a causa de la secreción de enzimas y de movimientos embrionarios de intensidad creciente, es un indicativo del inicio del pro-

ceso de eclosión y macroscópicamente es visible. Una vez eclosionan, su desplazamiento vertical es reducido, de poca intensidad y errático, y permanece la mayoría del tiempo en el fondo del contenedor, lo que podría ser indicio de un comportamiento fotofóbico, tal como indican Adriaens y Vandewalle (22) que se presenta en larvas de varias especies de bagres. La forma del saco vitelino es redondeada y el diámetro medio de $0,9 \pm 0,08$ mm (con un volumen de $0,382$ mm³) confirma datos previos (8), y guarda correspondencia con el reducido volumen del saco vitelino registrado para bagre rayado (19), capaz (20) y yaque (21), especies en las que, en consecuencia, el periodo de reabsorción es relativamente rápido; tanto Rodríguez y Rosado (6) como González y Rosado (5) muestran que el tiempo de reabsorción se ubica en unos cuatro a seis días, pero se concluye que son datos aproximados que deben ser objeto de mayor precisión. Una descripción completa sobre el desarrollo larval en *E. mutisii* aún requiere ser adelantada.

CONCLUSIONES

El periodo de latencia en el capitán, cuando se aplican procedimientos de inducción, se precisa entre 290 y 345 grados h^{-1} . El tamaño de los huevos se considera pequeño, similar en magnitud al descrito para otros bagres nativos del país; así mismo, el patrón de desarrollo embrionario es análogo al de varios de los géneros de silúridos referenciados en el contexto nacional. Desde la ovocélula hasta la eclosión, el proceso se describe completamente con base en 20 momentos representativos, con lo cual se identifica, no obstante, que la diferencia más notoria radica en que el tiempo que transcurre desde el estado de ovocélula hasta que la eclosión finaliza alcanza los 1615 grados h^{-1} (4,2 días, 100 HPF); este supera ampliamente el que se maneja en bagres de clima cálido, inferiores a las 24 h. Dado este tiempo, la precisión sobre la magnitud de las pérdidas en los diferentes estadios y trabajos dirigidos a la descripción del desarrollo larval se constituye en una necesidad investigativa para la especie.

REFERENCIAS

1. Álvarez R, Rodríguez A. ¿Cómo es y dónde vive El Capitán? En: ¿Quién es El Capitán? Bogotá: Editorial Universidad del Rosario; 2007. p. 37-50.
2. Rosado R. Aspectos reproductivos y piscícolas. En: ¿Quién es el capitán? Bogotá: Editorial Universidad del Rosario; 2007. p. 51-62.
3. Valderrama M, Garzón A, Hernández S. Conservación de los peces nativos capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*) y guapucha (*Grundulus bogotensis*) en las lagunas de Fúquene, Cucunubá y Palacio. En: Fúquene, Cucunubá y Palacio: Conservación de la biodiversidad y manejo sostenible de un ecosistema lagunar andino. Bogotá: Fundación Humedales-Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; 2007. p. 185-202.
4. Álvarez-León R, Rodríguez A, González J, Rosado R, Hernández S, Valderrama M, Pinilla G, Lehmann P, Forero J, Prada S, Donascimento C, Guerrero J. *Eremophilus mutisii*. En: Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt-Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia-WWF Colombia-Universidad de Manizales; 2012. p. 114-7.
5. González J, Rosado R. Estado del conocimiento sobre peces nativos del altiplano cundiboyacense: revisión. *Rev Cien Anim.* 2010;(3):69-79.
6. Rodríguez A, Rosado R. Ensayos de reproducción inducida del capitán de la sabana (*Eremophilus mutisii*, Humboldt, 1805). *Boletín Red Regional de Acuicultura.* 1993;7(3):10-3.
7. Montejo J, Rosado R, González J. Evaluación del semen de capitán de la sabana *Eremophilus mutisii* (Pisces: Trichomycteridae). *Dahlia-Rev Asoc Colomb Ictiol.* 2002;5:41-47.
8. González J, Rosado R. Reproducción inducida con hormonas en *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805 (Pisces: Trichomycteridae) en Guasca, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación.* 2005;5(2):233-40.
9. Benavides J, Ortega M. Evaluación de la gonadotropina coriónica humana (HCG) y el extracto de pituitario de Carpa (EPC) en la reproducción inducida del capitán *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805 en condiciones de cautiverio [tesis de pregrado]. Pasto: Facultad de Ciencias Pecuarías, Universidad de Nariño; 2005.
10. Flórez F, Sarmiento N. Observaciones ecológicas sobre el pez capitán *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805 (Pisces: Trichomycteridae), en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia. *Acta Biol Col.* 1989;1(5):99-115.
11. Briceño Y, Meneses S. Aspectos bioecológicos del capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* (Pisces: Trichomycteridae) en la laguna de Fúquene, Cundinamarca, Colombia [tesis de pregrado]. Bogotá: Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 2005.
12. Nakatani K, Agostinho A, Baumgartner G, Bialetzki A, Sanches P, Makrakis M, Pavanell C. Ovos e larvas de peixes de agua doce: desenvolvimento e manual de identificação. Editora Universidade Estadual de Maringá; 2001.
13. Clavijo JA, Arias JA. Avances en el estudio de la embriología del Yamu, *Brycon Siebenthalae* (Pisces: Characidae) *Dahlia-Rev Asoc Colomb Ictiol.* 2004;7:37-48.
14. Marques C, Okada-Nakaghi LS, Faustino F, Nakaghi-Ganeco L, Senhorini JA. Observation of the embryonic development in *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae) under light and scanning electron microscopy. *Zygote.* 2008;16(4):333-42. doi: <https://doi.org/10.1017/S0967199408004838>
15. Amaya R. Contribución al estudio biológico del capitán de la sabana, *Eremophilus mutisii* Humboldt, 1805 en el Lago de Tota. *Divulgación Pesquera.* 1977;9(2-3):1-64.
16. Clavijo-Ayala JA, Arias CJA. Desarrollo embrionario de *Rhamdia sebae* cf. Documento procedente de las Memorias II Congreso Colombiano de Acuicultura, Universidad de los Llanos; 2004; Villavicencio, Colombia.
17. Olaya-Nieto Ch, Hernández-Rosso DF, Ayarza-Pérez E. Biología reproductiva del liso *Rhamdia quelen* (Pisces: Heptapteridae) en el río Sinú, Colombia. *Acta Biol Colomb.* 2010;15(3):61-74.
18. Nova JD, Cataño-Vergara YM. Descripción del desarrollo embrionario y larvario del blanquillo (*Sorubim cuspicaudus*) [tesis de pregrado]. Montería: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba; 2005.

19. Zapata BE, Medina VM, Mira T, Otero A, Ramírez J, Velasco YM, Cruz PE. Descripción preliminar del desarrollo embrionario de bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*). Documento procedente de las Memorias XIII Jornada de Acuicultura, Universidad de los Llanos; 2007; Villavicencio, Colombia.
20. Valbuena RD, Zapata BE, David C, Cruz PE. Desarrollo embrionario del capaz *Pimelodus grosskopfii* (Steindachner, 1879). Int J Morphol. 2012;30(1):150-6. doi: <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000100027>
21. Mira-López TM. Reprodução induzida e desenvolvimento inicial do Jundiá *Leiarius marmoratus* (Pisces: Siluridae) [tesis de doctorado]. Botucatu, Brasil, SP: Universidade Estadual Paulista; 2014.
22. Adriaens D, Vandewalle P. Embryonic and larval development in catfishes. En: Catfishes. Vol. 2. New Hampshire: Sciences Publisher Inc.; 2003. p. 639-68.
23. Díaz-Olarte J, Marciales-Caro LJ, Cristancho VF, Cruz-Casallas PE. Comparación del desarrollo embrionario de *Piaractus brachypomus* (Serrasalminidae) y *Pseudoplatystoma* sp. (Pimelodidae). Int J Morphol. 2010;28(4):1193-204. doi: <https://doi.org/10.4067/S0717-950220100004000337>