



DESARROLLO EMBRIONARIO DEL PEZ ESCALAR (*Pterophyllum scalare*)

EMBRYONIC DEVELOPMENT OF ESCALAR FISH (*Pterophyllum scalare*)

Jenifer Gómez-Hernández ^a, <https://orcid.org/0000-0002-2224-620X>

Tatiana Portillo-Delgado ^a, <https://orcid.org/0000-0002-4988-8149>

^a Estudiantes de Ingeniería en Producción Acuícola, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. jenifergomezhernandez@gmail.com , tatis2964@hotmail.com.

Recibido: 24-04-2019

Aceptado: 04-06-2019

RESUMEN

Pterophyllum scalare es una especie de agua dulce, originaria del río Tapajoz, afluente del Amazonas, así como de numerosos riachuelos de la parte norte del Brasil, con un gran potencial económico que lo coloca entre las especies ornamentales de agua dulce de mayor demanda en el mercado por su morfología exótica en forma de ángel, el cual produce ovocitos translúcidos que permiten fácilmente la observación del desarrollo embrionario para estudiar el proceso cronológico de la morfogénesis de un nuevo organismo (embrión). Sin embargo, se ha podido determinar que existen pocos estudios que permitan identificar claramente los diferentes estadios en el proceso embrionario del pez escalar. El presente estudio pretende ofrecer una aproximación del proceso embriológico de la especie, realizando un seguimiento durante un periodo de 48 horas, contemplando las etapas de división celular, hasta la formación de la larva con saco vitelino, a una temperatura óptima tropical de $28 \pm 2^\circ\text{C}$; el cual fue desarrollado en el Laboratorio de Peces Ornamentales de la Universidad de Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.

Palabras clave: ovocito, embriología, división celular, desarrollo embrionario

ABSTRACT

Pterophyllum scalare is a species of fresh water, native to the Tapajoz River, tributary of the Amazon, as well as numerous streams in the northern part of Brazil, with great economic potential that places it among the most demanded freshwater ornamental species in the market for its exotic angel shaped morphology; In addition, it produces translucent oocytes, allowing easy observation of embryonic development to study the chronological process of the morphogenesis of a new organism (larvae). However, we can determine that there are few studies that clearly identify the different stages in the embryonic process of the scalar fish. The present study tries to describe to provide an approximation of the embryological process of the species, to follow up during a period of 48 hours, to contemplate the stages of cell division, until the larval formation with yolk sac, an optimal tropical temperature of $28 \pm 2^\circ\text{C}$; which was developed in the Ornamental Fish Laboratory of the University of Nariño, Pasto, Nariño, Colombia.

Keywords: ovocyte, embryology, cell division, embryonic development

INTRODUCCIÓN

El pez ángel, *Pterophyllum scalare*, es una especie originaria de la cuenca Amazónica y pantanal, que se encuentra distribuido entre Perú, Colombia, Guayanas y Brasil; se destaca, entre las especies ornamentales de peces, por su belleza y popularidad con un gran potencial económico que lo ubica entre las especies ornamentales de agua dulce de mayor demanda en el mercado. ^[1]

En su hábitat natural las crías de esta especie se alimentan de organismos planctónicos; cuando alcanzan la etapa juvenil-adulto basan su alimentación principalmente en larvas de insectos, crustáceos, plantas y gusanos los cuales se encuentran en abundancia y proveen los nutrientes necesarios para un buen desarrollo. El potencial biológico que presentan algunas especies de este grupo les ha permitido una gran adaptabilidad a diversos ambientes por lo que se les ha trasladado con finalidades piscícolas y ornamentales. ^[2]

Los escalares no son peces que presenten diferencias apreciables entre los machos y las hembras. La aleta caudal también es grande, y las abdominales se han convertido en dos radios largos de hasta 8 cm y la temperatura del agua de cultivo está entre 22 y 30°C.

La madurez sexual del pez ángel, también denominado escalar, llega a sus seis o siete meses de edad; sin embargo, hay factores que afecta a esta especie, por ejemplo, la calidad del agua, la temperatura y la misma genética del pez, con base en los cuales es posible que tengan una secuencia de ovoposición durante dos semanas aproximadamente. ^[3]

En su medio natural, los animales de esta especie, se reproducen a inicio del invierno, cuando hay temporada de lluvia y su hábitat se llena de agua fresca, la cual trae consigo una gran variedad de insectos y alimentos vivos y esto es una dieta ideal para su reproducción; los padres suelen comer los huevos muertos o que no fueron fecundados ^[3]. Los individuos se escalonan de acuerdo con su dominancia en el grupo o población; el ejemplar más grande y saludable suele ser el pez dominante que compite por los espacios, por la comida y por la pareja

reproductora, para los cual se enfrentan con las aletas muy abiertas ^[4]. Las peleas aumentan en intensidad en la época de reproducción y se dan cuando se forman las parejas, cuando la pareja delimita su territorio y, sobre todo, cuando la pareja defiende la puesta.

Las características sexuales secundarias son evidentes; la hembra posee papila genital con diámetro dos veces mayor que la del macho y, en época reproductiva, el oviducto se proyecta hacia el exterior en forma de tubo, por donde los óvulos son expelidos. Esta especie presenta huevos adherentes y los reproductores hacen la postura en raíces y hojas sumergidas de plantas acuáticas; la hembra los deposita sobre las plantas o rocas, donde son fecundados por el macho, que presenta un espermiducto corto, terminado en una punta, ligeramente inclinado hacia adelante; por su parte la hembra tiene un oviducto más largo, grueso y de forma redondeada, que se inclina hacia atrás ^[1].

Los estadios de desarrollo embrionario inician primero con gastrulación; en esta etapa se originan las capas germinativas ^[5]. El individuo en formación entra a la fase de gastrulación, el extremo posterior del blastodisco aumenta su espesor y todo el borde se engrosa y constituye el anillo germinal. Una de las características que definen la gastrulación, son los movimientos morfogénéticos, (invaginación, epibolia, delaminación, etc.); la epibolia o recubrimiento en *Pterophyllum scalare*, se observa claramente por el desplazamiento de una estructura denominada anillo germinal, que circunda toda la masa en movimiento. El movimiento de invaginación se evidencia por la migración hacia el interior del embrión de un grupo determinado de células, las cuales más adelante darán origen a la notocorda. Dado que la mayoría de las manifestaciones morfológicas para la formación de la gástrula ocurren en todo el borde del disco embrionario, este mismo borde podrá considerarse como análogo a los labios dorsal, lateral y ventral del blastoporo del anfibio ^[6]. Se resalta que el destino del blastoporo está relacionado con la formación del ano, el borde que rodea al vítelo corresponde a los labios del blastoporo.

Balinsky ^[7] reporta que, durante la gastrulación, se forman las tres hojas germinales, lo cual permite que se inicie el proceso de diferenciación del embrión, con destinos específicos, dando lugar a la formación de tejidos y órganos, es decir la organogénesis. La segunda etapa en *P. scalare*, al momento de la eclosión, el vitelo se encuentra rodeando el tubo intestinal y la región media ventral del intestino primitivo presenta sus paredes incompletas y comunicadas con el saco vitelino. La tercera etapa es la formación del intestino primitivo del embrión, se distinguen tres regiones básicas: anterior, medio y posterior. Gueimundi ^[8] describe el intestino anterior de los teleósteos, que va desde la región del estomodeo hasta la zona hepática; esta región origina la boca, el área faríngea, el esófago, el estómago y la región pancreática. ^[7]

El intestino medio origina la mayor parte del intestino delgado; en periodos tempranos esta zona está relacionada con la formación del saco vitelino. El intestino posterior origina al resto de las estructuras del tubo intestinal, el cual se extiende durante un tiempo hacia la región caudal y constituye el intestino caudal o post-anal que desaparece después. Morfológicamente estas regiones, en peces teleósteos, presentan diferencias entre las regiones media y anterior. En *P. scalare* se observa las tres regiones del intestino, igual que lo reportado en *Piaractus brachipomus*, aunque difieren en cuanto a la presencia de pliegues en el intestino medio, cada vez menos frecuentes y de menor tamaño hasta desaparecer en el intestino posterior. ^[9]

Siguiendo la formación de la faringe, ésta conecta la cavidad bucal con el tubo digestivo, principalmente con el esófago. Histológicamente las vellosidades de la faringe desempeñan un papel importante ya que, al pasar partículas grandes de alimento, estas se dilatan previniendo el desgaste de la mucosa; la presencia músculo estriado permite tener control sobre el paso del alimento; al observar cortes

transversales, se detalla el revestimiento con un epitelio formado de células cúbicas. ^[9]

Florez ^[10] reporta histológicamente el esófago de *Trichopterus trichopterus* con una mucosa de epitelio cilíndrico simple, mientras que en *P. scalare* está formado por un epitelio estratificado plano no queratinizado, soportado por una matriz de fibroblastos que posteriormente constituyen la submucosa de tejido conectivo laxo areolar. También tiene mioblastos que posteriormente forman la túnica muscular constituida por músculo esquelético, características que también están presentes en *T. trichopterus*.

Ziswiler ^[11] plantea que el hígado en los peces suele ser voluminoso y localizado centralmente, coincidiendo con lo observado en *P. scalare*; además, agrega que el hígado actúa como acumulador de glucógeno y se encarga de la producción de bilis y grasa. Según Florez ^[10], el hígado de *T. trichopterus* presenta hepatocitos ubicados en forma radial en cordones de dos células de espesor, separados por sinusoides que confluyen hacia una vena central, igual que para peces teleósteos; sin embargo, en *P. scalare*, el parénquima del hígado se conforma por células uniformes en todo el órgano, por lo que no se pueden identificar fácilmente las subunidades estructurales; asegura que en la carpa (*Cyprinus carpio*), el hígado está integrado con el páncreas y no presenta lóbulos.

En cuanto a la formación del estómago, éste se presenta como una dilatación del tubo digestivo que almacena y digiere parte del alimento. A este respecto, Gomez y Clavijo ^[12] explican que, desde el punto de vista de la fisiología digestiva, los peces se clasifican en dos grupos: los que tienen estómago y los que no los tienen; agregan que las configuraciones del estómago varían con respecto a la especie; al parecer estas diferencias están relacionadas directamente con el tipo y tamaño de alimento que consumen.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el Laboratorio de Peces Ornamentales de la Universidad de Nariño, ubicado el noroccidente de la ciudad de

San Juan de Pasto, al suroccidente de Colombia, con una altura de 2510 msnm y una temperatura ambiental promedio de 14°C ^[13]. Para

ello fue seleccionada una pareja de reproductores escalares, los cuales fueron mantenidos en un acuario con un volumen de 32 L, con filtro, aireación y un termostato que permitió mantener la temperatura del agua a $28\pm 2^{\circ}\text{C}$; el acuario fue cubierto con plástico negro para mayor privacidad y comodidad de los peces.

Para inducir el desove se dispuso, como sustrato, un tubo de PVC de 50 cm de largo y 3 cm de diámetro, ubicado en ángulo de 45° para que al momento de desove la hembra coloque la puesta en él. Se realizó actividades de alimentación de los reproductores tres veces al día, suministrando gusanos de harina (tenebrios), con el fin de estimular la reproducción. La limpieza del acuario se realizó cada 3 a 5, efectuando un recambio del 50 % de agua, al igual que la limpieza del tubo de PVC, el filtro y el termostato.

El control de parámetros se realizó diariamente, tres veces al día, midiendo temperatura, pH y oxígeno disuelto. El período de observación de los animales hasta el momento de la puesta de las ovas fue de ocho días (Figura 1). Al final de la misma, el sustrato de PVC fue retirado del acuario de los reproductores, se realizó el conteo de 225 ovocitos que fueron trasladados a un segundo acuario, utilizado como incubadora, en donde se verificó que la temperatura y el pH sean iguales que en el acuario de reproducción. Se dispuso aireación adecuada y se adicionó tres gotas de azul de metileno, para proteger de la contaminación por hongos. En este sitio permanecieron durante 48 horas, durante el período de incubación, hasta el momento de la eclosión.



Figura 1. Desove de *P. scalare*.

Se realizó el seguimiento de la evolución para identificar los huevos infértiles, caracterizados por presentar color blanco, en cuyo caso fueron eliminados. El desarrollo embrionario fue observado cada dos horas, tomando con un gotero una muestra de ovocitos, la cual fue depositada en un portaobjetos para ser analizados bajo un microscopio óptico con aumento de 4X y 10X, para la caracterización y descripción en el estadio embrionario; con la ayuda del micrómetro ocular dispuesto en el microscopio se midió el diámetro ovocitario.

Se efectuó el registro fotográfico y se anotaron las observaciones sobre la morfología en una planilla para organizar y procesar los datos recolectados. Cada observación fue acompañada del registro en horas-grado correspondiente y el número de huevos no fertilizados desechados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción general

Los ovocitos de *P. scalare* presentaron, en toda su extensión, numerosas gotas lipídicas, lo que es natural para la familia Cichlidae, debido a su origen marino^[1]. Los ovocitos tienen características pelágicas y forma ovoide, presentando coloración amarilla anaranjada cuando han sido fecundados, y blanco cuando no son fecundados o infectados por hongos. La ovoposición

se realizó muy temprano en la mañana (entre las 6:00 y 7:00 horas).

Uno de los aspectos más importantes en el cultivo de especies es el crecimiento y la reproducción; y en especies como *P. scalare* estos procesos son de gran relevancia, puesto que permiten establecer criterios para una adecuada explotación comercial. Los procesos reproductivos de los peces están íntimamente relacionados con diversos factores, tales como la edad,

madurez sexual, calidad de agua y abundancia y calidad de alimento.^[14]

El desove en los peces es la culminación de eventos fisiológicos y conductuales que conducen a la fusión de gametos, este proceso no depende sólo de la gametogénesis, sino también del comportamiento, por lo tanto estos procesos son claramente interactivos y pueden compartir vías de regulación comunes en los sistemas nervioso y endocrino, de tal forma que los estímulos del medio, incluyendo indicadores de comportamiento de otros peces, harán que puedan despertar respuestas primarias neuronales y hormonales que conlleven finalmente al proceso de desove^[15]. Obviamente, otros factores están involucrados en este proceso; entre los que se puede mencionar la calidad de la dieta, la cual es primordial para el proceso de vitelogenénesis, ya que durante este proceso existe una gran movilización de reservas.

Embriogénesis

El estándar de segmentación observada en embriones de *P. scalare* fue del tipo meroblástico, tal como ocurre en otros teleósteos. El período de segmentación se caracterizó por una intensa proliferación celular, seguido por el período de blástula, en que las divisiones del blastodisco, inicialmente deformes, inician su organización y evolución de sus bordes sobre la vesícula vitelina. El período de gástrula se caracteriza por movimientos de epibolia, donde el movimiento de las células blastodérmicas recubre la masa vitelínica y por la migración de las células más internas del blastodermo que se desplazan dorsal y convergentemente, formando así el eje embrionario (Figura 2).

La organogénesis, que se inicia al final del período de gástrula y se extiende hasta la preclosión, es el período en el que los tejidos y órganos se diferencian^[1]. La primera fase es la gametogénesis ya que la maduración del óvulo y la formación del espermatozoide crean las condiciones necesarias para el inicio de la embriogénesis.^[8]

Algunas investigaciones describen la morfología de embriones de *Melanotaenia praecox* y otros melanotenideos, en los cuales, en la fase

oval ocurre la evolución del borde del blastodisco sobre la vesícula vitelínica, así como la organización de los blastómeros, lo que confiere al embrión la forma elipsoidal, y la región de la lámina sincitial, asume forma plana.^[1]

Por tener la morfología diferenciada del ovocito en *P. scalare*, se identificó la fase oval, pero la organización no fue tan notoria como en otras, debido a que la observación de la estructura del embrión es difícil, a pesar de manejar un microscopio, debido a que las ovas son muy pequeñas y en muchos casos el embrión no se encuentra en una posición correcta para la vista.

En una evaluación de huevos esféricos de *Misgurnus anguillicaudatus*, se observó que, en la fase oval, los embriones contaron con más de dos mil blastómeros, observando la fase esférica a las 6,5 hpf^[16]; en dicho estadio los límites entre el blastodermo y la vesícula vitelínica se tornan continuos. En *Glossolepis incisus* se observó esa misma fase a las 6,33 hpf, cuando morfológicamente los dos ejes presentaban valores semejantes, dando al embrión la forma esférica^[17].

De igual manera, los embriones de *P. scalare* en esta investigación, también mostraron la fase esférica, pero debido a una morfología ovoide de los huevos, los ejes presentaron valores diferentes. Aún con esa diferencia morfológica evidente, fue posible identificar el último estadio de blástula, anterior a la gástrula.

En la fertilización, los espermatozoides se colocan sobre los óvulos, lo cual implica una serie de condiciones para asegurar este encuentro y, posteriormente el espermatozoide penetra el óvulo e inicia su desarrollo^[8]. Las etapas entre la fecundación y el nacimiento son denominadas embriogénesis^[18].

Ovocito fertilizado. Al presentarse la fecundación, el ovocito pasa a ser telolecito, que contiene en el centro una gran cantidad de vitelo en el polo vegetativo, formado por pequeños glóbulos lipídicos; en la parte externa presenta un corión liso y transparente, el cual está levemente separado del cigoto por el espacio perivitelino^[19], indicando que ha iniciado la división celular total y en pocas horas se terminará el desarrollo del embrión (Figura 2).

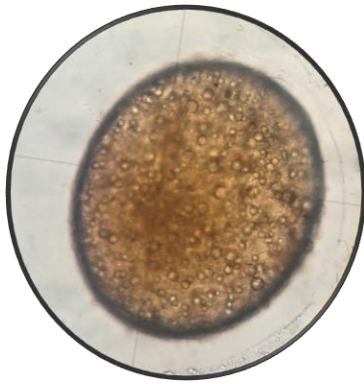


Figura 2. Ovocito fertilizado
(Cigoto) 00:00 hpf.

El ovocito fertilizado es una sola célula, puesto que el núcleo y el citoplasma de las células germinales de los padres se han fusionado. A partir de este se generará un organismo pluricelular y por lo tanto se dan múltiples divisiones mitóticas extremadamente rápidas donde el citoplasma del cigoto es dividido en numerosas células pequeñas. Durante esta fase el embrión no cambia su tamaño ya que cada célula producto de la segmentación, los blastómeros, se hacen cada vez más pequeños.

Fase de clivaje. En la parte externa se observa en el corión, donde la formación del vitelo y la separación del polo vegetal y polo animal se resalta, luego de formación del disco germinal se inicia una segmentación meroblástica. Se aboca lentamente la primera división de forma meridional, teniendo como resultado dos blastómeros incompletos (conectados en la región basal) de aproximadamente el mismo tamaño ^[19] (Figura 3).

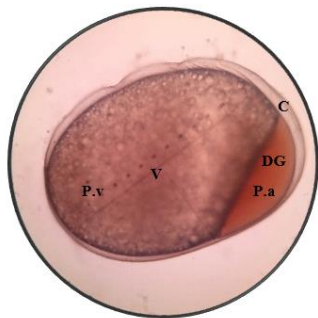


Figura 3. Fase de clivaje. C: corion; V: vitelo; P.v: polo vegetal; P.a: polo animal; DG: disco germinal.

Fase de Mórula. La formación de los blastómeros que son células que se agrupan dando la formación a una mórula, también se llega a observar el corion y el vitelo, el cual servirá de una reserva lipídica para las larvas después de su eclosión (Figura 4).

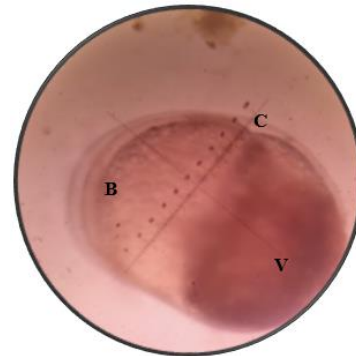


Figura 4. Mórula. B: blastodermos; C: corion; V: vitelo.

Fase de Blástula. El ovocito presenta múltiples células o blastómeros de tamaño muy reducido en el polo animal, que son resultado de las múltiples segmentaciones en los diferentes planos de división, los cuales forman una blástula discoidal que se ve casi como una masa homogénea sobre vitelo no segmentado. En la parte externa se observa espacio perivitelino es bastante angosto ^[19] (Figura 5).

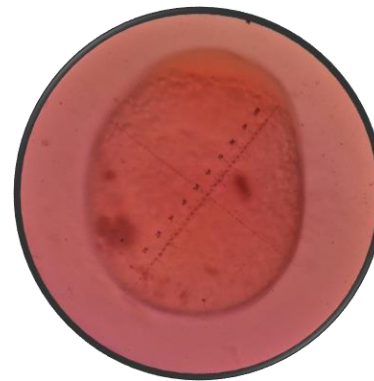


Figura 5. Blástula.

Fase de Gástrula. El blastodermo origina las capas germinales (ectodermo, mesodermo y endodermo), de las cuales se derivan los distintos órganos del cuerpo. La estructura embrionaria que se obtiene es la gástrula, en la cual se forma una cavidad llamada gastrocele o arquenteron,

que comunica al exterior por el blastoporo; esta cavidad o parte de esta constituirán lo que será el sistema digestivo [8].

La formación de la gástrula se caracteriza por presentar una serie de movimientos de epibolia, las cuales empieza su migración a nivel del anillo germinal, empezando a recubrir el vitelo. La disco blástula que se va alargando y achatando, al haber corrimiento de células se observa una abertura o invaginación donde se observa la formación del labio [19] (Figura 6).

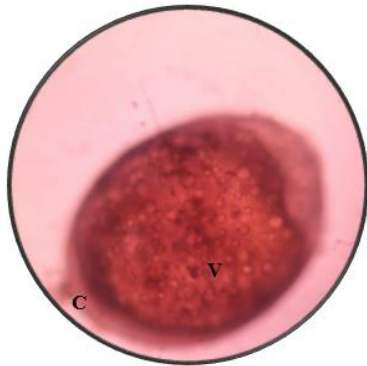


Figura 6. Gástrula. C: corion; V: vitelo.

Estadio final. En este estadio hay una mayor diferenciación y desarrollo de los hemisferios cerebrales y el corazón. Se observa un crecimiento de la parte caudal, por lo cual ya no se distinguen el número de somitas. El embrión realiza pequeñas contracciones con el fin de debilitar la membrana coriónica que lo recubre [19] (Figura 7).

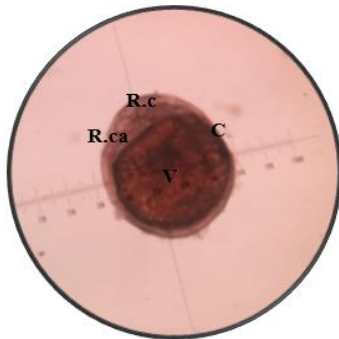


Figura 7. Estadio final. C: corion, R.c: Región cefálica, R.ca: Región caudal.

Eclosión

El individuo rompe el corion después de la serie de contracciones corporales, el embrión sigue realizando estos movimientos con el fin de salir totalmente, se puede apreciar tanto el desarrollo de la región caudal, como la vascularización del vitelo [19] (Figura 8).

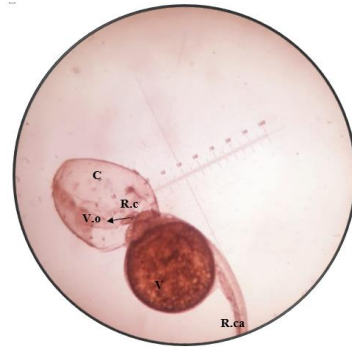


Figura 8. Eclosión 48:00 hpf. C: corion; V: vitelo; R.c: Región cefálica; R.ca: Región caudal; V.o: Vesícula óptica.

La eclosión total de los ovocitos de *P. scalare* se realizó a las 48 horas post fecundación (hpf) (Tabla 1). El desarrollo de *B. splendens* desde la fecundación hasta la eclosión, pasando por diversas etapas (cigoto, clivaje o blastulación, gástrula, segmentación y organogénesis, eclosión y estado larval), tiene una duración de 36,13 hpf [20], mientras que el desarrollo del pez ángel, la eclosión ocurrió a 42,5 hpf cuando la incubación se hizo a 28°C [1].

Tabla 1. Información del desove de *P. scalare*.

	Porcentaje	
Nº ovocitos desovados.	225	100,00
Nº ovocitos fertilizados.	200	88,89
Nº ovocitos sin fertilizar.	25	11,11
Nº ovocitos muertos día 1.	20	10,00
Nº ovocitos muertos día 2.	172	86,00
Total de ovocitos muertos.	192	96,00
Total de ovocitos eclosionados.	8	4
Tamaño de los ovocitos		
Ancho (mm)	Longitud (mm)	
1,07	1,37	

CONCLUSIONES

Debido a que *P. scalare* es una especie con alto valor económico, es importante que se realicen investigaciones que evalúen todos los factores que afectan los niveles de productividad en los acuarios, con el fin de garantizar una reproducción durante todo el año, donde los desoves tengan un alto porcentaje de fertilización y baja mortalidad en el desarrollo embrionario.

El desarrollo embrionario del *P. scalare* es semejante al de las demás especies de la familia Cichlidae, indicando las fases principales del

desarrollo observando cada una de sus partes, siendo el vitelo, el cual será la reserva lipídica del pez, el corion, los blastodermos, hasta la formación cefálica y cola.

En esta investigación, se evaluó un solo desove; por ende, se recomienda evaluar más de tres procesos reproductivos de *P. scalare*, incluyendo otras variables que permitan tener resultados con mayor precisión. El tamaño promedio de los ovocitos respecto al estudio es de ancho 1,07 mm y largo 1,37 mm.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Radael M C, Vázquez M, Vidal J, Solis L, Mattos D, Cardoso D, Souza J H; Corrêa A, Oliveira F, Andrade D R. Desarrollo embrionario del pez Ángel (*Pterophyllum scalare*). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 2013; 21: 185-191.
- [2] Soriano M, Hernández D. Tasa de crecimiento del pez angel *Pterophyllum scalare* (Perciformes Cichlidae) en condiciones de laboratorio. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas. 2002; 12 (2): 1-33.
- [3] Pérez M E, Morales I, Olvera H. Frecuencia de desove de diferentes variedades del Pez Angel *Pterophyllum scalare* (Pisces: Cichlidae). AquaTIC. 2002; (16): 1 – 7.
- [4] Petrovicky I. La enciclopedia de los peces de acuario. Susaeta. 1990: 500.
- [5] Theodore W. Morfogénesis de los vertebrados. Limusa. 1978: 307- 350.
- [6] Ávila M, Insuasty I, Guevara E. Organogénesis del sistema digestivo del pez *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae). Biología Tropical. 2008; 56 (4): 1857-1870.
- [7] Balinsky B. Introducción a la Embriología. Barcelona [España], Omega. 1978.
- [8] Gueimunde J. Embriología. La Habana [Cuba], Pueblo y Educación. 1989.
- [9] Ganguly S, Prasad A. La microflora en el tracto digestivo de peces juega un papel importante en la digestión y el metabolismo. Reseñas en Biología de peces y pesca. 2012; 22: 11–16.
- [10] Florez N. Descripción anatómica e histología del sistema digestivo del pez gourami tres manchas *Trichogaster trichopterus*. Bogotá, [Colombia], Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2000.
- [11] Ziswiler V. Zoología Especial de Vertebrados. México, Omega. 1980.
- [12] Gomez J, Clavijo A. Determinación del tiempo del vaciado del estómago de la tilapia *Oreochromis sp.* mediante la utilización de diferentes frecuencias de alimentación semanal y ayuno. SciELO. 2012; 61 (3): 1 - 4.
- [13] Jaramillo H, Calpa N, Gómez V. Evaluación del periodo de llenado y evacuación intestinal de *Brachionus calyciflorus* alimentado con *Chlorella sp.* Orinoquia. 2019; 23 (1): 41-47.
- [14] Wootton R F. Ecology of Teleost Fishes. Fish and Fisheries, Series I. Chapman & Hall, 2-6 Bodary Row, London, SE1 8HN. 1991. 404 p.
- [15] Redding J M., Patiño R. Reproductive Physiology. In: Evans D H. (Ed.). The Physiology of fishes. USA, CRC Press; 1993. pp 503-534.
- [16] Fujimoto T, Kotake K, Yamada S, Hashimoto M, Sato Y. Developmental stages and germ cell lineage of the loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). Zool. Soc. Japan. 2006; 23:977- 989.

- [17] Ferreira A. V. Ontogenia inicial e consumo de vitelo em embriões de melanotênia maçã (*Glossolepis incisus*, Weber, 1907). Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro [Brasil], Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes; 2007.
- [18] Scott G. Biología del desarrollo. 7ª ed. Buenos Aires. Médica Panamericana; 2005. 8-11. Disponible en https://books.google.com.co/books?id=F6se5w-Z6uAC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- [19] Gordillo L. Estudio del desarrollo embrionario del pez *Amatitlania nigrofasciata* (perciformes: Cichlidae). [Trabajo de grado Licenciatura]. Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2017. Disponible en <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6599/1/GordilloJimenezLuisaFernanda2017.pdf>
- [20] Murcia-Ordoñez B, Chaves L C, España W F, Castañeda D, Andrade J. Fisiología reproductiva del pez *Betta splendens* en condiciones de laboratorio, Piedemonte Andino Amazónico (Colombia). Revista Veterinaria. 2016; 27 (2): 124+.