

Desarrollo embrionario de híbridos de *Pseudoplatystoma metaense* Suarez, 2007 x *Leiarius marmoratus* Gill, 1870 (Siluriformes: Pimelodidae)

Embryonic development of hybrids of *Pseudoplatystoma metaense* Suarez, 2007 x *Leiarius marmoratus* Gill, 1870 (Siluriformes: Pimelodidae)

Desenvolvimento embrionário de híbridos de *Pseudoplatystoma metaense* Suarez, 2007 x *Leiarius marmoratus* Gill, 1870 (Siluriformes: Pimelodidae)

Yeferson A. Moreno-Guerra^{1*}, Tatiana M. Mira-Lopez^{2*}, José A. Rodríguez-Pulido^{3*}, Víctor M. Medina-Robles^{4*}

¹ Biol; Joven investigador, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta - Colombia.

² Z, Msc, PhD; Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Instituto de Acuicultura de los Llanos - IALL, Villavicencio, Meta - Colombia.

³ Biol, MSc, cPhD; Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta - Colombia.

⁴ MVZ, MSc, cPhD, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Instituto de Acuicultura de los Llanos - IALL, Villavicencio, Meta - Colombia.

* Grupo de Investigación sobre reproducción y toxicología de organismos acuáticos - GRITOX, Instituto de Acuicultura de los Llanos- IALL, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta - Colombia.

Email: vmmedinarobles@unillanos.edu.co

Recibido: 10 de junio de 2016

Aceptado: 02 de diciembre de 2016

Resumen

El desarrollo embrionario en peces es relevante para el conocimiento de su biología y sistemática, mediante aspectos como: morfología, crecimiento, alimentación, comportamiento y mortalidad. El objetivo de este trabajo fué la descripción del desarrollo embrionario de híbridos producidos a partir del cruce de hembras de *Pseudoplatystoma metaense* x machos de *Leiarius marmoratus*. La reproducción fue inducida en reproductores sexualmente maduros usando extracto de hipófisis de carpa. Los óvulos seminados fueron incubados en sistemas artesanales de flujo ascendente de 70 l, realizando recambios de agua en un 20% cada tres horas con temperatura promedio $26,2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Se tomaron muestras en intervalos de tiempo 0.25, 0.50, 1 y 2 horas pos fertilización (hpf) y fueron fijadas en formol buffer 10%. Posteriormente se observaron y se tomaron registros fotográficos. Se observó la fase de cigoto y clivaje 1 a las 0:25 hpf, clivaje 2 a las 0:50, clivaje 3 y 4 a las 0:75, clivaje 5 y 6 a 1:00, blástula (subdivisión inicial, temprana y tardía) se observaron desde 1:50 a 5:00 hpf, gástrula y cierre del blastoporo a las 6:00 hpf, segmentación de las somitas desde las 10:00 a 17:00 hpf, presentándose finalmente

la eclosión a las 18:00 hpf. Se concluye que los eventos del desarrollo embrionario de *P. metaense* x *L. marmoratus* son asincrónicos, presentando una fertilidad del 30%.

Palabras clave: embriogénesis, híbrido, ovocito, larva, reproducción artificial

Abstract

Embryonic development in fish is important for understanding their biology and systematics, through aspects such as morphology, growth, feeding, behavior and mortality. The objective of this work was the description of embryonic development of hybrids produced from crossing female *Pseudoplatystoma metaense* x male *Leiarius marmoratus*. Reproduction was induced in sexually mature broodstock using carp pituitary extract. The semined eggs were incubated in artisanal systems upflow of 70 l, making water changes by 20% every three hours with average temperature $26.2 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Samples were taken at time intervals 0.25, 0.50, 1 and 2 hours post fertilization (hpf) and were fixed in 10% buffered formalin. Subsequently they observed and photographic records were taken. stage zygote and cleavage hpf 1 to 0:25, 2 at 0:50 cleaving, cleaving 3 and 4 to 0:75, cleaving 5 and 6 to 1:00, blastula (initial subdivision, was observed early and late) they were observed from 1:50 to 5:00 hpf, gastrula and closing at 6:00 blastoporo hpf, segmentation of somites from 10:00 to 17:00 hpf finally presenting hatching at 18:00 hpf. We conclude that the events of embryonic development of *P. metaense* x *L. marmoratus* are asynchronous, featuring a 30% fertility.

Keywords: embryogenesis, hybrid, egg, larva, artificial reproduction

Resumo

Desenvolvimento embrionário em peixes é importante para entender sua biologia e sistemática, através de aspectos como a morfologia, crescimento, alimentação, comportamento e mortalidade. O objetivo deste trabalho foi a descrição do desenvolvimento embrionário de híbridos produzidos a partir de cruzamento feminino *Pseudoplatystoma metaense* x masculino *Leiarius marmoratus*. Reprodução foi induzida em reprodutores sexualmente maduros usando extrato de hipófise de carpa. Os ovos seminados foram incubadas em sistemas artesanais de fluxo ascendente de 70 l, fazendo mudanças de água em 20% a cada três horas, com temperatura média de $26,2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. As amostras foram tomadas em intervalos de tempo de 0,25, 0,50, 1 e 2 horas após a fertilização (hpf) e foram fixadas em formalina a 10% tamponada. Posteriormente eles observaram e registros fotográficos foram tomadas. Fase zigoto e clivagem 1 foi observada a 0:25 hpf, Clivagem 2 a 0:50 hpf, clivagem 3 e 4 para 0:75, clivagem 5 e 6 às 1:00, blastula (subdivisão inicial, cedo e tarde) foram observados 01:50-05:00 hpf, gastrula e fechar blastoporo às 6:00 hpf, finalmente apresentando eclosão às 18:00 hpf. Concluiu-se que os eventos de desenvolvimento embrionário de *P. metaense* x *L. marmoratus* são assíncronos, com uma fertilidade de 30%.

Palavras-chave: a embriogênese, híbridos, ovo, larva, reprodução artificial

Introducción

Pseudoplatystoma metaense y *Leiarius marmoratus* son especies nativas de la región de la Orinoquia presentando un gran potencial para la acuicultura (Ramírez-Merlano *et al.*, 2010; Ramírez-Gil *et al.*, 2012). según Cala (1990) la ictiofauna de agua dulce en Colombia es una de las más diversas del Neotrópico contando con más de 2000 especies donde la región de la Orinoquia cuenta aproximadamente con un 25% de éstas, de las cuales se desconoce más del 50% de su biología. Lo anterior influye drásticamente para la conservación de la Biodiversidad y en la búsqueda de nuevas especies con potencial para la acuicultura.

Por otro lado, debido al menor número de especies ícticas y poco conocimiento sobre aquellas que pueden presentar potencial para la acuicultura ha provocado que el sector productivo implementara cruzamientos entre especies cultivadas comercialmente para optimizar su producción.

Estudios de hibridación interespecífica e intergenérica realizados en Venezuela y Brasil, han demostrado que los individuos como resultado de cruces artificiales, presentan mayores rendimientos en producción de carne y menor depredación de larvas, siendo más rentable para los acuicultores (Kossowski, 1991; Burke y Arnold, 2001). No obstante, se ha demostrado que individuos híbridos artificialmente como lo es *Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus* (Senanan *et al.*, 2004) dentro de los sistemas naturales logra reproducirse con sus parentales afectando la estructura genética de estas poblaciones. También, es claro que la hibridación inter-específica e intraespecífica de especies ícticas se presenta de forma natural como sucede en *Pseudoplatystoma reticulatum* x *Pseudoplatystoma curruscans*, *Pterophylum scalar* Var. Silver x *Pterophylum scalar* Var. Black, respectivamente. Según Mallet (2005) se estima entre el 6 - 10% de cruces naturales interespecíficos en vertebrados, y en ambientes lacustres se reportan como evento común entre el 4-5% (Seehausen, 2004).

No obstante, la producción y escapes constante de individuos híbridos artificialmente a los sistemas naturales pueden generar pérdida de la biodiversidad genética. Por todo lo anterior, no suele descartarse la posibilidad que en Colombia se presenten técnicas de hibridación artificial en los sistemas piscícolas debido a los rápidos crecimientos de estos individuos, mostrando eficiente conversión alimentaria, resistencia a enfermedades y tolerancias a factores ambientales (Hashimoto *et al.*, 2011; Alvès *et al.*, 2014).

El desarrollo embrionario en peces es relevante para el conocimiento global de su biología y sistemática, particularmente en aspectos de morfología, crecimiento, alimentación, comportamiento y mortalidad. Además, contribuye en la señalización de áreas de desove y evaluación de calidad ambiental en la detección de mal formación durante el ciclo de vida (Botta *et al.*, 2010) y permite en las prácticas acuícolas establecer los tamaños de las partículas de alimentación, las cantidades y el momento de suministro.

De igual forma, es útil para identificar cronológicamente los eventos morfológicos que llevan a la formación de un nuevo individuo, permitiendo establecer las técnicas más adecuadas para la incubación y larvicultura de la especie (Valbuena-Villareal *et al.*, 2012). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo consistió en la descripción del desarrollo embrionario del cruce de hembras de *Pseudoplatystoma metaense* x machos de *Leiarius marmoratus* bajo condiciones de laboratorio.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la estación piscícola del Instituto de Acuicultura de los Llanos - IALL, localizada a una altitud de 418 msnm, con pluviosidad de 4050 mm anuales, humedad relativa del 75%, temperatura ambiental media de 27°C. Se usaron parentales sexualmente maduros mantenidos en estanque en tierra de las especies *Pseudoplatystoma metaense* y *Leiarius marmoratus*.

Calidad del agua

Para el proceso de incubación se utilizó una incubadora artesanal de 70 l con flujo de agua ascendente realizando recambios de agua del 20% cada tres horas. Cada seis horas fueron evaluadas las características físicas y químicas del agua, como temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/l) y pH por medio de la sonda multiparamétrica (YSI MPS 556, Yellow spring instruments), Amonio, Nitrato y dureza se evaluaron por medio de un kit de calidad de agua (Aquamerck, Merck).

Inducción hormonal y obtención de gametos

Los reproductores fueron tratados con extracto hipofisario de carpa (EHC), siguiendo el protocolo descrito por (Mira T *et al.*, 2008). Los ovocitos y el semen fueron obtenidos por medio de extrusión y el proceso de fertilización se realizó en seco. Los huevos fueron llevados a la incubadora anteriormente mencionada y se registró la temperatura mediante un termostato (Resun sunlike - 300), obteniendo registros promedio de $26,2 \pm 0,5$ °C. Se tomaron muestras de embriones ($n = 50$) de la siguiente manera: durante la primera hora post-fertilización (hpf), en intervalos de tiempo 0.25 horas (h), durante las siguientes 4 hpf, con intervalos de 0.50 h, y de ahí en adelante hasta la eclosión, cada 2 h. se tomaron estos intervalos de tiempo al observar que no habían cambios de fases del desarrollo durante las horas muestreadas. Las muestras fueron fijadas en formol buffer 10% y posteriormente observadas y registradas fotográficamente con ayuda de un microscopio óptico (Nikon eclipse E-400) y un estereomicroscopio (Nikon Smz 800).

En las muestras obtenida ($n=50$) durante cada intervalo de tiempo se contabilizó el número de embriones por fase. La terminología utilizada para describir los diferentes estadios del desarrollo embrionario se basó en los trabajos de Ninhaus-Silveira *et al.*, (2006); Olarte *et al.*, (2010) y Faustino *et al.*, (2010).

Resultados

Los principales eventos y características en la secuencia del desarrollo embrionario de *P. metaense* x *L. marmoratus*, desde las 0:00 hpf hasta la eclosión, se resumen en la Tabla 1. El sistema fue alimentado con agua previamente madurada y sus características físicas y químicas fueron: pH $6,9 \pm 0,6$, temperatura $26,2 \pm 0,5$, oxígeno disuelto $6,9 \pm 0,1$ mg/l, amonio $0,15 \pm 0,1$ mg/l Nitrato 0 y dureza $35 \pm 0,0$ mg/l.

Estadio de cigoto

Luego de la activación espermática (por adición de agua de incubación) y dando inicio a la fertilización, los huevos presentaron una doble membrana externa y la presencia del espacio perivitelínico. Se observó la delimitación del polo animal siendo este más traslucido que el vegetal dado a que este último se observó mucho más denso debido a las vesículas globosas de vitelo. En el evento de cigoto, los movimientos morfológicos fueron eventualmente muy lentos llegando a ocasionar en algunos embriones observados una fase de detenimiento. La fase de cigoto se observó entre 0,25 - 0,75 hpf (Figura 1A).

Tabla 1. Desarrollo embrionario de *P. metaense* x *L. marmoratus* a temperatura promedio de $26,2 \pm 0,5$ °C.

Tiempo (horas)	Estadío	Descripción	%
0 - 0,75	Zigoto	Presencia de una doble membrana, vitelo abundante, migración del citoplasma y formación del polo animal y vegetal.	85,3
0,25 - 4,0	Clivaje	Divisiones mitóticas originando la formación de 2, 4, 8, 16, 32 y 64 células blastómeros, dando inicio a blástula inicial y temprana caracterizándose por el ascenso del blastodisco.	63,6
2,50 - 5,0	Blástula	Esta fase se caracterizó por tres sub-fases: blástula temprana, alta y tardía. Durante este tiempo se evidenció el descenso del blastodisco y posterior achatamiento hacia los lados.	25,5
6,0 - 9,0	Gástrula	Formación del epiblasto e hipoblasto Al 50% de epibolia, se observa migración de las células embrionarias y formación del anillo embrionario. 70% de epibolia, se evidenció el escudo embrionario y finalmente en epibolia al 90% se presentó cierre de blastoporo y sitio de formación del tubo neural.	64,6
10,0 - 17,0	Segmentación y organogénesis	Formación del eje embrionario, notocorda y surco neural; diferenciación de la región céfalo - caudal. Posteriormente se evidencia la vesícula óptica y segmentación de los primeros somitos. En la segmentación 3, se logró evidenciar la vesícula otica y otolitos, no se logró observar la vesícula de kupffer. Región caudal desprendida del saco embrionario y presencia de 23 somitos aproximadamente. Formación del intestino y alargamiento del embrión con movimientos vigorosos de navegabilidad.	100
18,0	Eclosión	Total rompimiento del corión y navegabilidad de las larvas.	86

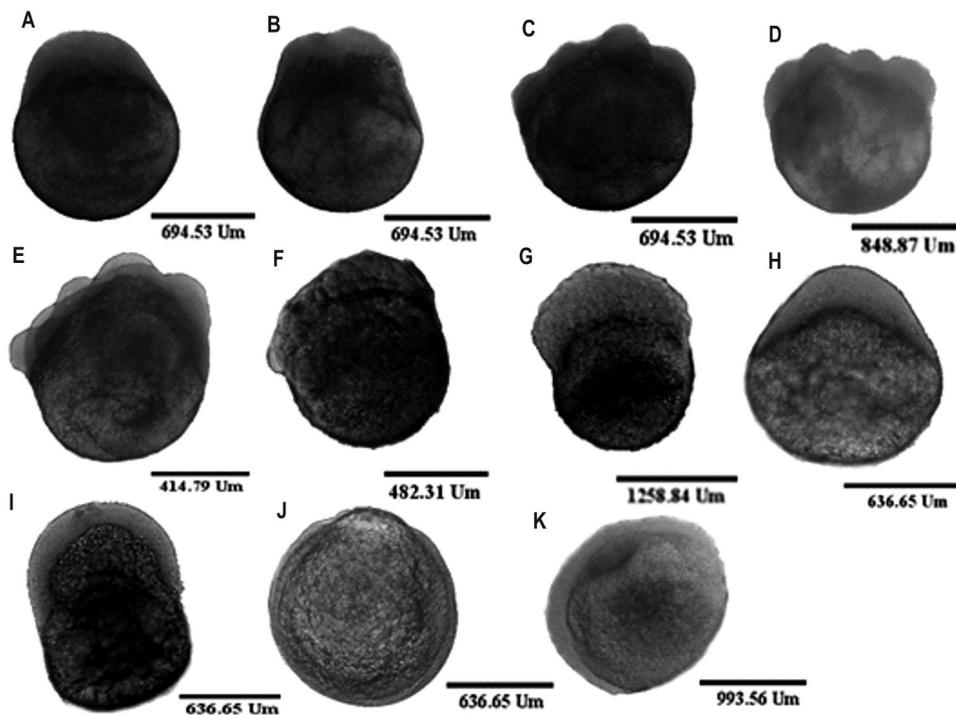


Figura 1. Primeros eventos del desarrollo embrionario de *P. metaense* x *L. marmoratus* a diferentes magnificaciones. **A.** zigoto, **B.** clivaje 1, **C.** clivaje 2, **D.** clivaje 3, **E.** clivaje 4, **F.** clivaje 5, **G.** clivaje 6, **H.** blástula inicial, **I.** blástula tardía, **J-K.** gástrula observando el cierre de blastoporo. **Nota.** Las escalas corresponden a la medida longitudinal máxima del embrión.

Estadío de clivaje

Se observó gran cantidad de vitelo en los embriones, por lo que la segmentación se hace meroblástica dando origen al periblasto. Los primeros seis clivajes fueron observados a partir de las 0,25 hpf hasta las 4,00 hpf. El primer clivaje consistió en la formación de dos células blásticas ó blastómeros de igual tamaño, el segundo en la formación de 4 células mediante el eje vertical y perpendicularmente al primer clivaje, tercer clivaje (8 células) fue vertical y paralelo al primero, cuarto clivaje (16 células) fue vertical y paralelo a la segunda, quinto clivaje (32 células) fue vertical y paralela a la primera y sexto clivaje tuvo su formación en el eje horizontal originando 64 blastómeros (Figura 1B-G). Cada uno de estos eventos se presentó de manera asincrónica.

Como observación general, las blastómeras fueron homogéneas y fueron disminuyendo en tamaño a medida que aumentaron en número, a excepción de los clivajes 5 y 6 donde se observó cierto grado de heterogeneidad en las blastómeras.

Estadío de blástula

En la fase de blástula se caracterizaron tres subfases: inicial, temprana y tardía. La primera subfase se caracterizó por un complejo de células dispuestas sobre el vitelo formando el blastodisco. La blastula temprana se define por el ascenso de las células que componen el blastodisco y finalmente la subfase tardía, se caracterizó por una proliferación de células que migran en forma descendente hacia el polo vegetal formando un borde achatado en sus extremos, dando inicio a la fase de gástrula (Figura 1H-I). Los eventos de las tres subfases de blástula fueron asincrónicos, presentándose a partir de 1,50 – 5,00 hpf.

Estadío de gástrula

Durante la gastrulación se evidenció epibolia al 50, 70 y 90% desde 6,00 – 8,00 hpf, observándose divisiones mitóticas muy rápidas de las células blastoméricas. Las células externas se intercalaron rápidamente con las células internas y se extendieron hasta recubrir completamente el vitelo. Durante el evento de desarrollo de epibolia al 50% se evidenció principalmente formación del anillo embrionario ubicado transversalmente en la parte media por una capa espesa de células blastómeros y el inicio de un movimiento de involución en el margen del anillo germinativo dividiendo posteriormente al blastodermo en dos pliegues embrionarios correspondientes al epiblasto e hipoblasto. En epibolia al 70% se observó el posible sitio de formación del

escudo embrionario, al 90% se evidenció el tapón vitelino y el área de formación de la placa neural (Figura 2). Los movimientos morfogenéticos permitieron la formación de las distintas capas germinativas y ejes embrionarios (dorso lateral y cefalo-caudal).

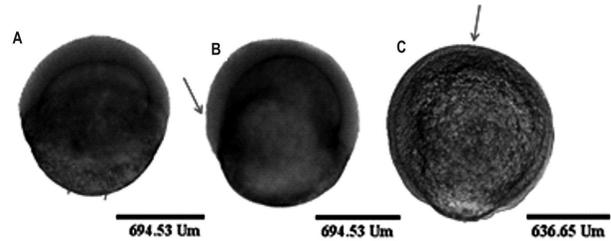


Figura 2. Estadios del periodo de gástrula de embriones de *P. metaense* x *L. marmoratus*. **A)** 50% en epibolia, las flechas indican el anillo embrionario; **B)** 70% epibolia, la flecha indica el sitio de formación del escudo embrionario; **C)** 90% epibolia, la flecha indica el sitio en donde se generará la placa neural. **Nota.** Las escalas corresponden a la medida longitudinal máxima del embrión.

Estadío de segmentación y organogénesis

El estadio de segmentación se definió en tres subfases según el número de somitas. La segmentación 1 estuvo formada por 1-3 somitas, la siguiente de 4 – 11 somitas y la tercera de 12 – 23 somitas.

El evento de segmentación se inició a las 10,00 hpf y finalizó a las 18,00 hpf con la eclosión de larva. Durante el transcurso de segmentación se forma el tubo neural, y a medida que avanza el desarrollo se puede deducir la formación del proencefalo (telencefalo, diencefalo y rinencefalo, caracterizándose por la vesícula óptica y olfatoria), el mesencefalo y romboencefalo. Además, se observó la formación de los somitos y vesícula óptica que se encuentra formada por un conjunto de células localizadas centralmente en la región cefálica, que dará posteriormente origen al cáliz óptico y cristalino. La vesícula óptica presenta otolitos y ésta se encuentra localizada entre la vesícula óptica y el primer somito. Durante el tiempo de 16 hpf se observó la formación del tubo digestivo primario y cavidad celómica a las 17 hpf. Con el crecimiento del embrión, aumenta el número de somitos y la cresta neural se va cerrando desde la región anterior hacia la posterior formando la notocorda (Figura 3). Por otro lado, no se logró visualizar la vesícula de Kupffer.

Eclosión

El embrión rompe el corión a las 18 hpf mediante movimientos vigorosos quedando libre del saco embrionario. En esta fase aún no tiene formada la mandíbula,

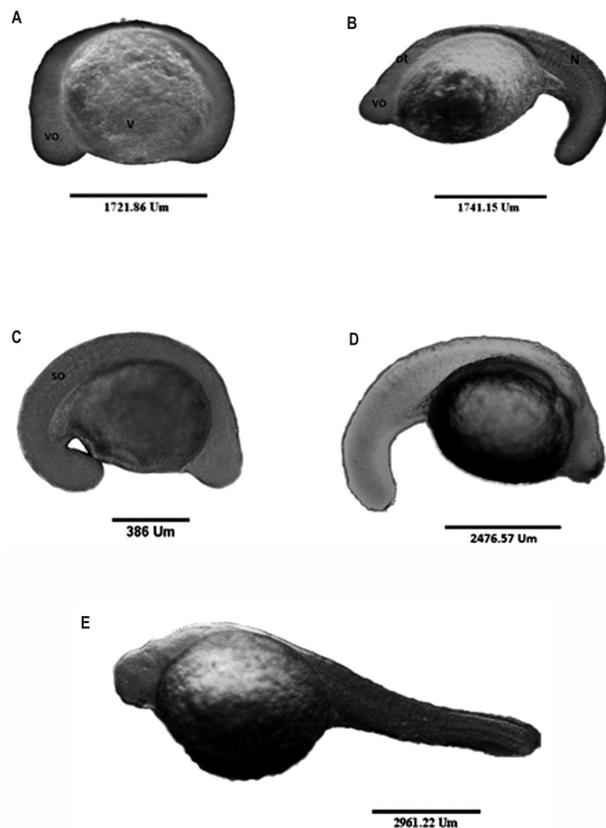


Figura 3. Estadío de segmentación de *P. metaense* x *L. marmoratus*. **A.** vo- Vesícula óptica, V- Vitelo, * surco neural. **B.** ot- Vesícula ótica, N- notocorda. **C.** so- somitas, **D.** embrión con 23 somitas y área caudal suelta, **E.** embrión de 17 hpf con formación del sistema digestivo primario. **Nota.** Las escalas corresponden a la medida de longitud total.

esqueleto axial, esqueleto apendicular, ni vejiga natatoria, pero si tiene definido el sistema circulatorio, observándose principalmente el seno venoso.

Discusión

Los ovocitos en peces Pimelodidos son por lo general macrolecitos y telolecitos, los cuales presentan gran cantidad de vitelo alojada en el polo vegetal, lo cual conlleva a la segmentación meroblástica discoidal, desarrollándose en el polo animal los primeros clivajes que ulteriormente darán origen al embrión (Faustino *et al.*, 2010).

El modelo generalmente aceptado para explicar la hidratación del ovocito de peces dulce-acuícolas, aunque con numerosos interrogantes, asume que en los huevos pelágicos, la principal fuerza osmótica causante de la entrada de agua hacia el ovocito es el aumento de la concentración de aminoácidos libres en éste,

como consecuencia de la lisis de las proteínas del vitelo durante la maduración meiótica (Cerdá, 2002).

Durante el proceso de hidratación del ovocito se observó una segunda membrana periférica, pero después de la fijación ésta no fue visible. Según Rodríguez-Pulido y Mojica-Benitez (2005), la presencia de la doble membrana en los huevos de los Silúridos los convierte en pelágicos, facilitando así su distribución aguas abajo, debido a que la doble membrana se llena de pequeñas burbujas de aire, las cuales aumentan la flotación de los mismos. Además, funciona como una adaptación morfológica que brinda protección al embrión (Pereira *et al.*, 2006). Añadiendo que, el tamaño del espacio perivitelínico es relativamente grande al ser comparado con *Piaractus brachypomus*. Según Olarte *et al.*, (2010). Para este estudio el espacio perivitelínico fue de $524,27 \pm 10 \mu\text{m}$. Este espacio, le proporciona a los embriones de especies de agua dulce que habitan aguas turbulentas, una mayor protección de los daños mecánicos del ambiente.

El desarrollo embrionario de *P. metaense* x *L. marmoratus* fue de 18 hpf siendo cada uno de los eventos asincrónicos permaneciendo a temperatura promedio de $26,2 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Por otro lado, durante las primeras 6 horas, los eventos del desarrollo de *P. metaense* x *L. marmoratus* fueron muy similares a los cruces recíprocos de *P. currucaens* x *L. marmoratus* e igualmente con sus parentales puros, reportado por Oliveira-Almeida (2011).

Durante la gastrulación, los movimientos epibólicos observados fueron del 50, 80 y 90%, presentándose finalmente el cierre del blastoporo. A partir de la cual se espera que la región epiblastica conforme el ectodermo y el hipoblasto a la notocarda y el mesodermo como es citado por Olarte *et al.*, (2010).

En el cruce de hembras de *P. metaense* x machos de *L. marmoratus* del presente estudio, se obtuvo una tasa de fertilización del 30%. A partir del cierre del blastoporo hasta la eclosión, no se evidenció anomalía en los embriones, pese a que durante la fase larvaria, si se observó anomalía en la aleta caudal en algunos individuos con navegabilidad errática.

A diferencia del trabajo reportado por Avery y Hollinger (2009) las anomalías morfológicas en el embrión pueden ocurrir espontáneamente debido a factores internos o externos como las características fisicoquímicas del agua como son la temperatura y pH principalmente. Además, Westernhagen (1988) y Makhotin *et al.*, (2001) mediante experimentos de incubación con embriones de *Gadus morhua* (bacalao

común) concluyen que la fase de gastrulación es la etapa con mayor frecuencia de anomalías que contribuyen significativamente a la mortalidad de los embriones, teniendo como resultado bajas tasas de eclosión y altas tasas de mortalidad (Paulina-Vásquez *et al.*, 2010).

El cierre del blastoporo en *P. metaense* x *L. marmoratus* se presentó de 7 – 8 hpf a temperatura promedio de $26,2 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, comparado con otros estudios en hibridación en *P. currucaens* x *L. marmoratus* a temperatura promedio de $28,7^{\circ}\text{C}$, que presentó cierre de blastoporo a partir de 4-7 hpf (Oliveira-Almeida, 2011). Además el desarrollo embrionario en *L. marmoratus* a temperatura promedio de $28,3^{\circ}\text{C}$ fue de 14 hpf según lo reportado por Oliveira *et al.*, (2015), y *Pseudoplatystoma spp* a temperatura constante de 28°C ha sido de 360° hora, siendo equivalente a 13 hpf (Peñuela-Cano y Forero-Camacho, 1998). De acuerdo a lo anterior, se puede deducir que la temperatura actúa sobre los eventos del desarrollo embrionario permitiendo que estos sean rápidos o mucho más lentos.

Conclusión

El desarrollo embrionario de *P. metaense* x *L. marmoratus* fue de 18 hpf, siendo cada uno de los estadios asincrónicos. Sin embargo, la temperatura juega un papel importante en el desarrollo embrionario permitiendo que éste sea lento o mucho más rápido.

La tasa de fertilización de *P. metaense* x *L. marmoratus* es baja siendo para este estudio del 30%. No obstante, sigue siendo para muchos piscicultores el individuo de interés por fácil manejo, producción cárnica y resistencia a diversas enfermedades.

Agradecimientos

Los autores agradecen al laboratorio de Biología de la Universidad de los Llanos y funcionarios, por su servicio en la prestación de materiales y reactivos. Al Fondo Social de Educación Superior (FSES) de la Gobernación del Meta y al programa de Formación de Talento de Alto Nivel por el apoyo financiero del joven investigador.

Referencias

Alvès AL, Varela ES, Moro GV, Kirschnick LNG. 2014. Riscos genéticos da produção de híbridos de peixes nativos. Documentos 3

Avery K, Hollinger. The relationship of embryonic development, mortality, hatching success, and larval quality to normal or abnormal early embryonic cleavage in Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*. 2009;289:265-273.

Botta P, Sciara A, Arranz S, Murgas L, Pereira G, Oberlender G. Study of the embryonic development in sábalo (*Prochilodus lineatus*). *Arch Med vet* 2010;42:109-14.

Burke JM, Arnold ML. Genetics and the fitness of hybrids. *Annu. Rev Genet*. 2001;35:31–52.

Cala P. Diversidad, adaptaciones ecológicas y distribución geográfica de las amilias de peces de agua dulce de Colombia. *Rev Acad Col Cienc*. 1990;17(67):725-40.

Cerdá J. Mecanismos fisiológicos durante la hidratación del huevo de teleósteos: hacia el desarrollo de nuevos métodos de criopreservación. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr*. 2002;18(1-4):145-52

Faustino F, Nakaghil LS, Marques C, Ganeco LN, Makino LC. Structural and ultrastructural characterization of the embryonic development of *Pseudoplatystoma spp*. *Hybrids. Int J Dev Biol*. 2010;54:723-730.

Hashimoto DT, Mendonça FF, Senhorini JA, de Oliveira C, Foresti F, Porto-Foresti F. Molecular diagnostic methods for identifying Serrasalmid fish (Pacu, Pirapitinga, and Tambaqui) and their hybrids in the Brazilian aquaculture industry. *Aquaculture*. 2011;321:49-53.

Kossowski C. Experiencias iniciales sobre la Hibridación de *Leiarius marmoratus* (Gill) 1871 por *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) 1766 (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae). *Acta Cient Venez*. 1991;42:48-50.

Makhotin V, Solemdal P, Korsbrekke K, Salthaug A. 2001. Types and frequency of malformations and mortality in eggs of Arcto-Norwegian cod: a field study. *ICES CM2001/N:12*: 1-17.

Mallet J. hybridization as an invasion of the genome. *TRENDS in Ecology and Evolution*. 2005;20(5):229-237.

Mira T, Murillo R, Ramírez J, Otero A, Zapata B, *et al.* Ensayos preliminares de reproducción inducida de yaque *Leiarius marmoratus* con extracto de hipófisis de carpa. En: Memorias del IV congreso colombiano de acuicultura, Carmen de Viboral, Antioquia. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 2008;21:517.

Ninhaus-Silveira A, Foresti F, Azevedo A. Structural and ultrastructural analysis of embryonic development of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) (Characiforme: Prochilodontidae). *Zygote, Cambridge*. 2006;14:217-229.

Olarte JD, Marciales-Caro LJ, Vásquez fC, Cruz-Casallas PE. Comparación del Desarrollo embrionario de *Piaractus brachipomus* (Serrasalmidae) y *Pseudoplatystoma sp.* (Pimelodidae). 2010;28(4):1193-204.

Oliveira-Almeida IR. 2011. Análise do desenvolvimento embrionário de espécimes provenientes dos cruzamentos interespecíficos entre *Pseudoplatystoma corruscans* e *Leiarius marmoratus*. . Universidad Estadual Paulista. 129 pp.

Oliveira IR, Herrera MVS, Ninhaus-Silveira A, verissimo-Silveira R, Senhorini JA, Porto-Foresti F. 2015. Análise morfológica do desenvolvimento embrionario do *Leiarius marmoratus* (Gill, 1870).

Paulina-vásquez, Alejandra L-R, Leonardo-Castro. Anomalías durante el desarrollo embrionario de sardina común *Strangomera bentincki* en el ambiente natural. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 2010;45(1): 177-85

- Peñuela-Cano N, Forero-Camacho J. 1998. video sobre el desarrollo embrionario del bagre rayado. Unillanos
- Pereira CR, Barcellos L, Kreutz LC, Quevedo RM, Ritter F, Silva. Embryonic and larval development of jundiá (*Rhandia quelen*, Quoy & Gaimard, 1824, pisces, Teleostei), a South American catfish. *Braz J Biol* 2006;66(10):57-63
- Ramirez-Gil H, Ajiaco-Martinez RE, Lasso CA. 2012. *Pseudoplatystoma metaense* In Libro rojo de peces dulce acuícolas de Colombia
- Ramírez-Merlano JA, Otero-Paternina AM, Corredor-Santamaría W, Medina-Robles VM, Cruz-Casallas PE, Velasco-Santamaría YM. Utilización de organismos vivos como primera alimentación de larvas de yaque (*Leiarius marmoratus*) bajo condiciones de laboratorio. *Orinoquia*. 2010;14(1):45-58
- Rodríguez-Pulido J, Mojica-Benitez H. 2005. reproducción y manejo de Silúridos en cautiverio In Reproducción de los peces en el trópico.
- Seehausen. La hibridación y la radiación adaptativa. *Ecol Evol*. 2004;19(4):198-207.
- Senanan W, Kapuscinski AR, Na-Nakorn U, Miller LM. Genetic impacts of hybrid catfish farming (*Clarias macrocephalus*×*C. gariepinus*) on native catfish populations in central Thailand. *Aquaculture*. 2004;235:167-184.
- Valbuena-Villareal RD, Zapata-Berruecos BE, David-Ruales C, Cruz-Casallas PE. Desarrollo embrionario del Capaz *Pimelodus grosskopfii* (Steindachner, 1879). *Int. J. Morphol*. 2012;30(1):150-56.
- Westernhagen V. Sublethal effects of pollutants on fish eggs and larvae. En: Hoar W & DJ Randall (eds). *The physiology of developing fish*. *Fish Physiology* 1988;2:253- 346. Academic Press, New York.