

## ANÁLISIS DE LA CONTRIBUCIÓN PATERNAL A DIFERENTES FAMILIAS DE *Pseudoplatystoma punctifer* (CASTELNAU, 1855) EN RELACIÓN CON LA SUPERVIVENCIA Y EL CRECIMIENTO LARVAL.

Diana Castro-Ruiz <sup>1,2</sup>, Christian Fernández <sup>3,4</sup>, Sophie Querouil <sup>1,5</sup>, Werner Chota-Macuyama <sup>1,2</sup>, Etienne Baras <sup>5</sup>, Fabrice Duponchelle <sup>1,5</sup>, Jean-François Renno <sup>1,5</sup>, Carmen García-Dávila <sup>1,2</sup>, Jesús Núñez <sup>1,5</sup>

1 Laboratorio Mixto Internacional – Evolución y Domesticación de la Ictiofauna Amazónica (LMI-EDIA)

2 Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Carretera Iquitos Nauta km 4.5, Iquitos, Perú. E-mail: dnacastro2003@yahoo.com

3 Programa de Investigación Para el Uso del Agua y sus Recursos (AQUAREC), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Carretera Iquitos Nauta km 4.5, Iquitos, Perú.

4 Laboratorio de Acuicultura. Facultad de Oceanografía, Pesquería, Ciencias Alimentarias y Acuicultura (FOPCA), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Miraflores, Lima, Perú.

5 Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR-ISEM (Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier), Université Montpellier 2, France

## INTRODUCCIÓN

La doncella, es uno de los bagres amazónicos que presenta un elevado potencial para la producción comercial en toda América del Sur (Kossowski, 1996; Goulding 1980; Reid, 1983). Debido a la calidad de su filete (consistencia, ausencia de espinas intramusculares y su agradable sabor), además por ser considerado como pez ornamental en su etapa juvenil (Padilla et al., 2001), presenta una gran demanda en el mercado regional e internacional, que por ahora, es cubierta a través de la pesca comercial en ambientes naturales (Tello & García, 2009). Esta demanda ocasiona un aumento de la presión de pesca, y la captura de individuos con tallas por debajo de la primera madurez sexual, lo cual genera una disminución de sus poblaciones naturales y futuras pérdidas económicas para el sector pesquero (Tello & García, 2009). La piscicultura de la doncella, es una buena opción para reducir la sobrepesca de sus poblaciones naturales, contribuyendo de esta manera a la bioconservación del recurso (García et al., 2009). A pesar que esta especie tiene características favorables para su cultivo en cautiverio: una buena tasa de crecimiento (1,2 kg y 45 cm en 18 meses), fecundidad elevada (150 000 óvulos/kg), resistencia a la manipulación y adaptación a dietas balanceadas, no se logra desarrollar su piscicultura (Núñez, 2009). La principal limitante es la elevada tasa de mortalidad ocasionada por el alto nivel de agresividad y canibalismo que presentan sus larvas (Montalvan, 2008; Núñez et al., 2008, Baras et al. 2011). Asimismo, en doncella aparecen de manera precoz individuos de mayor tamaño denominados “jumpers” capaces de ejercer depredación sobre las larvas más pequeñas, ocasionando altas tasas de mortalidad. Sin embargo la mortalidad no solo es causada por el canibalismo sino también por las heridas ocasionadas por el comportamiento agresivo de las larvas (Dugué et al., 2005). En este sentido nos preguntamos si existe una variabilidad en el crecimiento de las progenies en relación con sus progenitores que podría inducir una



diferencia de tamaño la cuál origina el canibalismo durante la cría de doncella en ambiente controlado. Para lo cual hemos diseñado dos experimentos con situaciones diferentes: familias en situación comunal y familias separadas, siendo el objetivo de este estudio relacionar las variaciones de supervivencia y heterogeneidad de crecimiento de larvas y juveniles en función del origen genético de diferentes familias de la doncella obtenidas por fertilización cruzada.

## METODOLOGÍA

Las investigaciones fueron realizadas en los laboratorios de reproducción inducida de Peces y de Biología y Genética Molecular (LBGM), del centro experimental Quistococha - Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado en el 4,5 km de la Carretera Iquitos-Nauta, Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, departamento de Loreto. Se marcó con PIT tags individualmente a los 56 ejemplares del plantel de reproductores, luego para el caso de familias comunales identificamos el genotipo a una hembra y cuatro machos sexualmente maduros. El establecimiento del genotipo de los reproductores y la reconstrucción genética de la progenie fue realizada según lo descrito por Castro-Ruiz, et al. (2009). La reproducción inducida fue realizada según el protocolo de Núñez et al. (2008). La fertilización y cultivo de la progenie se realizó según lo descrito por Castro, et al. (2009). Se realizaron tres muestreos al azar, con tres repeticiones y en los tres controles. El control 1 (larvas a 1dpf para determinar principalmente la contribucion de cada macho), control 2 (alevines de 5 dpf para determinar si hay factores macho o hembra que intervienen sobre el uso del vitelo) y control 3 (alevines de 26 dpf para determinar si sobre todo al periodo de cultivo el canibalismo depende de los factores parentales). Para cada control se colectaron al azar 50 individuos entre las tres repeticiones, haciendo un total de 150 individuos. Cada uno de los individuos fue fotodocumentado y conservados en alcohol al 96% hasta el momento de la reconstrucción de la identidad genética. A partir de la determinación de la progenie por asignación de parentesco fue posible calcular la viabilidad diferencial de las cuatro familias en los tres controles. Para evaluar el desarrollo de los individuos, fueron determinadas las variaciones de: volumen del saco vitelino, crecimiento, longitud y ancho de cabeza (ya que del tamaño de cabeza va depender el tamaño de boca y a su vez la posibilidad de ejercer el canibalismo).

Para el caso de familias separadas fueron seleccionados seis ejemplares (tres hembras y tres machos) entre los 56 reproductores del plantel de doncella. Inmediatamente después al igual que en el experimento anterior los reproductores elegidos fueron inducidos al desove utilizando el protocolo según Núñez et al. (2008). En este experimento la fertilización se realizó mezclando los óvulos de cada hembra con el esperma de cada macho (25 g de cada hembra con 250  $\mu$ l de semen de cada macho, diluido cinco veces con suero fisiológico), obteniéndose un total de nueve familias (tres hembras x tres machos = nueve familias), con tres repeticiones para cada familia. Las tasas de eclosión fueron determinadas a las 24 horas post fertilización,. Se calcularon los porcentajes de eclosión de las larvas normales y anormales. Una vez ocurrida la eclosión, aproximadamente 3000 larvas de cada familia, determinados por un método volumétrico, fueron colectados al azar y transferidos al sistema de circuito cerrado por triplicado para su cultivo por un periodo de 26 días. Éstas fueron alimentadas a partir del tercer día post fertilización (3 dpf) con nauplios de artemia por un periodo de seis días, luego fueron

adaptadas progresivamente a un alimento microparticulado para camarón por un periodo de cuatro días, y finalmente adaptadas a un alimento peletizado durante cuatro días. La frecuencia de alimentación fue de cinco veces al día (6:00, 10:00, 14:00, 18:00 y 22:00). Se hicieron 5 controles: C1(3 dpf), C2(5 dpf), C3(9 dpf), C4(17 dpf) y C5(26 dpf), en cada control se colectó al azar 30 larvas de cada familia, con tres repeticiones de cada una, las cuáles se fotodocumentaron y luego se conservaron en formol al 5 %, como muestra voucher. Asimismo, se determinaron las tasas de supervivencia en cada tanque por conteo directo. A partir de éstos datos fue posible calcular la viabilidad diferencial de las nueve familias en los diferentes controles de muestreo. El único carácter morfológico medido para los cinco controles fue la longitud total (registrada en mm), el cual se obtuvo a través del software Image J (<http://rsb.info.nih.gov/ij/>).

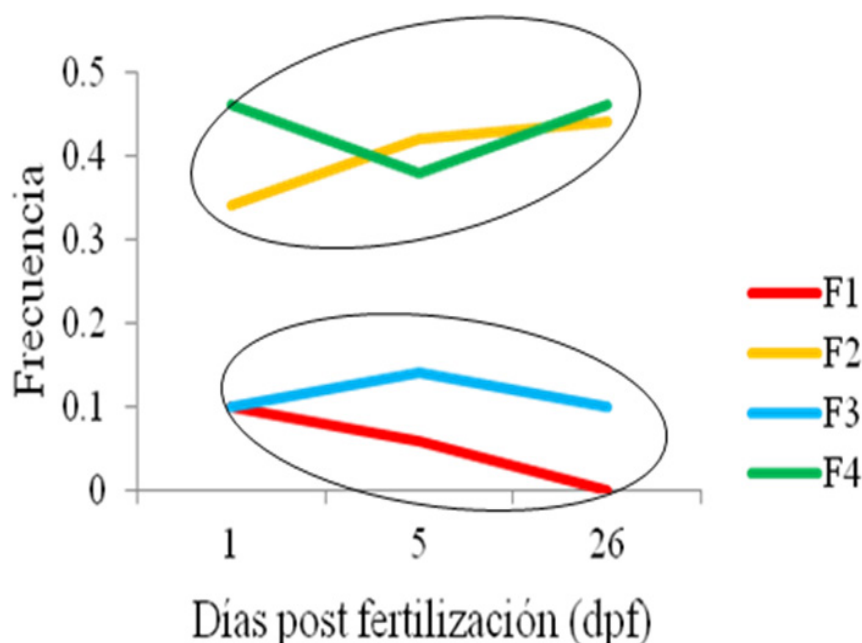
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las familias en situación comunal, analizando globalmente los 150 individuos (Tabla 1), observamos que los machos contribuyen de diferente manera a la fecundación y supervivencia de su progenie. En los tres controles observamos que la familia 4 fue la que presentó el mayor número de individuos (65), en tanto que la familia 1 presentó solo ocho individuos. Si analizamos por cada control, las familias 2 y 4 fueron siempre las más numerosas.

Tabla 1: Contribución de cada macho de doncella a la reproducción y supervivencia. Los porcentajes de representación de cada familia en cada control están indicados entre paréntesis.

Familias	Control 1 1 dpf	Control 2 5 dpf	Control 3 26 dpf	total de individuos
Familia 15	(10)3	(6)	-	8
Familia 2	17 (34)	21 (42)	22 (44)6	0
Familia 35	(10)7	(14)5	(10)1	7
Familia 4	23 (46)	19 (38)	23 (46)6	5
Total	50 (100)	50 (100)	50 (100)	150

Durante el periodo de seguimiento (Figura 1), observamos la formación de dos grupos (en base a su viabilidad), Un primer grupo formado por las familias 2 y 4 el cual presenta alta viabilidad en el tiempo y un segundo grupo formado por las familias 1 y 3. el cual muestra menor viabilidad en el tiempo. La alta viabilidad podría reflejar una buena compatibilidad entre la pareja de reproductores y la baja viabilidad podría indicar baja compatibilidad entre ellos.

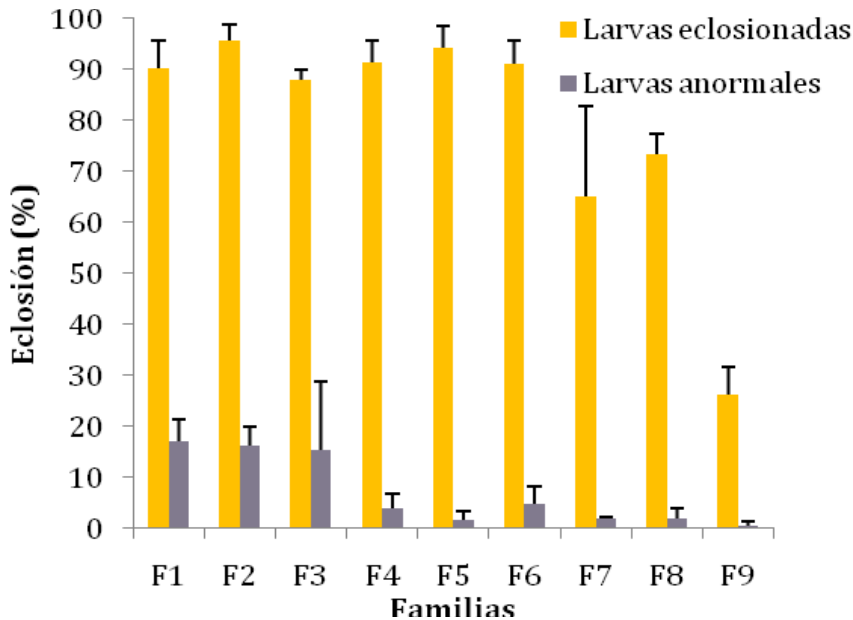


**Figura 1.** Evolución de las frecuencias relativas de las cuatro familias de la doncella en sistema de cría comunal.

La variación del volumen de saco vitelino no fue afectada por los padres. Por lo tanto podríamos inferir que el genotipo paterno no tiene influencia significativa sobre la utilización del saco vitelino durante la fase larvaria de esta especie. La variación del tamaño de la progenie desde el 1 dpf hasta los 26 dpf, no fue diferenciada por los padres.

Asimismo, no encontramos influencia paternal en las dimensiones de la cabeza (longitud y ancho), por lo tanto, el padre no parece contribuir en las ventajas que podría adquirir su progenie sobre otros individuos cuando presenta una boca más grande. De esta experiencia podemos deducir que si bien el efecto paterno no tiene influencia sobre el metabolismo, el crecimiento y la morfología de la progenie hasta antes de los 26 dpf podría tener influencia en la viabilidad de la misma. Las cuatro familias se distinguen por su viabilidad más no por el crecimiento.

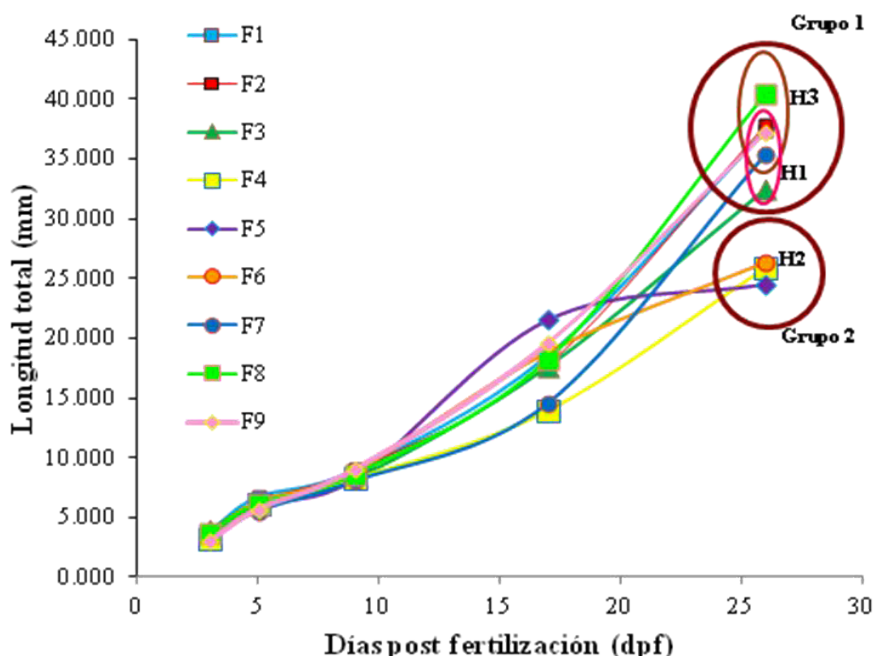
De las nueve familias separadas (Figura 2) seis familias tuvieron similar éxito (F1, F2, F3, F4, F5 y F6) en la tasa de eclosión, tres tuvieron bajo éxito (F7, F8 y F9), resultando ser la peor la familia 9. El bajo éxito en la eclosión podría originarse por una cierta incompatibilidad entre la pareja de reproductores. A pesar de esto, las familias F7, F8 y F9 (hembra 3) resultaron tener la progenie de mayor tamaño a los 26 dpf. Por otro lado, el porcentaje de larvas anormales (Figura 2) fue bajo para las familias F4, F5, F6 (hembra 2); F7, F8, F9 (hembra 2b) y elevado para las familias F1, F2 y F3 (hembra 1).



**Figura 2.** Porcentaje total de larvas eclosionadas y anormales de 9 familias de la doncella a las 20 horas después de la fertilización.

Sin embargo, esta característica no influye en el crecimiento de las familias de la hembra 1. La hembra 2 tiene bajo porcentaje de larvas anormales y elevado éxito en la eclosión; sin embargo, al final del periodo de seguimiento resultó ser la peor hembra. Por lo tanto, podríamos deducir que el porcentaje de eclosión y larvas anormales no son buenos indicadores a estos niveles de variación para predecir el crecimiento en familias de doncella.

La longitud total hasta el control 3 varía ligeramente entre familias (Figura 3), en este periodo las larvas se alimentaron solo con nauplios de artemia, por este motivo las progenies no presentaron gran variación en crecimiento ya que este alimento vivo es consumido fácilmente por todas las larvas de bagres. A partir del control 4 observamos que las variaciones se van acentuando y más aún en el control 5. En este periodo las familias cambiaron progresivamente de alimento (de alimento vivo a alimento inerte) posteriormente en el último control los alevines fueron adaptadas al alimento peletizado. Al final del periodo de seguimiento (Figura 3), las familias se distribuyen en dos grupos, los cuales probablemente se constituyeron según la capacidad de adaptación que presentan al alimento, el primer grupo formado por las familias de las hembras 1, 3 y el segundo grupo formado por las familias de la hembra 2



**Figura 3.** Promedio de longitud total de las 9 familias de la doncella a edades diferentes.

Estas observaciones permiten la posibilidad de selección de plantales de reproductores con las características más deseables como la velocidad de crecimiento y viabilidad precoz. Por lo tanto podemos evidenciar la importancia indirecta de ambos reproductores en la historia de vida temprana de la progenie.

## REFERENCIAS

Baras E., Silva del Aguila D.V., Montalvan Naranjos G.V., Dugué R., Chu Koo F., Duponchelle F., Renno J.F., García-Dávila C., Nuñez J., 2011 How many meals a day to minimize cannibalism when rearing larvae of the Amazonian catfish *Pseudoplatystoma punctifer*? The cannibal's point of view. *Aquat. Living Resour.* 24, 379-390.

Castro-Ruiz, D.; Querouil, S.; Baras, E.; Chota-Macuyama, W.; Duponchelle, F.; Nuñez, J.; Renno, J.F.; García-Dávila, C. R. 2009. Determinación de parentesco en larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) producidas en cautiverio. *Folia Amazónica*, vol 18 (1-2): 33 – 40.

Dugué, R.; Corcuy, N.; Duponchelle, F.; Renno, J.F.; Legendre, M.; Nuñez, J. 2005. Influencia del fotoperíodo y del ritmo de alimentación sobre la sobrevivencia larval del surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum*). *Comunicaciones del Coloquio Internacional. Biología de las poblaciones de Peces de la Amazonia y Piscicultura*, pp. 199-204.

García, A.; Tello, Salvador.; Vargas, G.; Duponchelle, F. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiol Biochem* 35:53–67.

Goulding, M. 1980. *The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history*. University of California Press, Berkeley. 280 pp.

Kossowski, C, 1996, *Perspective de L'élevage des poissons-chats (Siluroidei) en Amérique du Sud*, *Aquat, Living Resour* 9 :189-195.

Montalvan G. 2008. *Ontogenia de la doncella, Pseudoplatystoma fasciatum (Linnaeus, 1766), y su relación con la dinámica del canibalismo. Tesis para optar el título de ingeniero Pesquero, UNFV-FOPCA, Lima.*

Nuñez, J. 2009. *Domesticación de nouvelles espèces d'intérêt piscicole en Amazonie*, *Cah Agric*, vol, 18, n° 2-3.

Nuñez, J.; Dugué, R.; Corcuy, N.; Duponchelle, F.; Renno, J.F.; Raynaud, T.; Hubert, N.; Legendre, M. 2008. *Induced breeding and larval rearing of Surubí, Pseudoplatystoma fasciatum (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon. Aquaculture Research, in press.*

Padilla, P., Alcántara, F.; Ismiño, R. 2001. *Reproducción inducida de la doncella Pseudoplatystoma fasciatum y desarrollo embrionario – larval. Folia Amazónica*, 12 (1-2): 141- 155

Reid, S. 1983. *La Biología de los Bagres Rayados Pseudoplatystoma fasciatum y P. tigrinum en la cuenca del río Apure, Venezuela. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Serie: Prod. Agric. Año 1No. 1.*

Tello, S.; García, A. 2009. *La pesquería de grandes bagres en la región Loreto. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 28 pp*