

## DESARROLLO LARVAL DEL PAICHE O PIRARUCU *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822)

Kevin Morgan RUIZ TAFUR<sup>1</sup>, Leonardo DÁVILA PANDURO<sup>1</sup>, Víctor Yoel PALOMINO TRIGOSO<sup>2</sup>, Cherry YAHUARCANI TAMINCHE<sup>1</sup>, Miriam Adriana ALVAN-AGUILAR<sup>1</sup>, Jorge AYARZA RENGIFO<sup>1</sup>, Fred William CHU-KOO<sup>1</sup>

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos. AQUAREC. Centro de Investigaciones “Fernando Alcántara Bocanegra” - CIFAB. LMI: EDIA. E-mail: fchu@iiap.org.pe
- 2 Fundo Natural Amazon Fish E.I.R.L. Carretera Iquitos – Nauta, Km. 25.

### RESUMEN

Se describe el desarrollo larval del paiche *Arapaima gigas* en base a la caracterización de individuos nacidos y manejados en un sistema de recirculación en Iquitos, Loreto (Perú). Cada dos horas se tomaron fotografías a grupos de seis larvas con el apoyo de cámaras conectadas a microscopios y estereoscopios. Las fotografías fueron analizadas en *Image J* obteniéndose medidas de longitud de estructuras y órganos según éstas iban apareciendo y desarrollándose en cada fase. Se registró el tiempo de aparición de cada nueva estructura. Las larvas fueron caracterizadas desde la eclosión hasta las 196 horas post eclosión (hpe). Las larvas de paiche miden  $14.46 \pm 0.34$  mm al momento de la eclosión (0 hpe) y alcanzan  $19.12 \pm 0.55$  mm a los 196 hpe. El diámetro horizontal del saco vitelino significa el 82.8% de la longitud total del cuerpo de la larva al momento de la eclosión y es absorbido casi por completo a las 194 hpe (8 días de edad), cuando los individuos miden  $19.1 \pm 0.55$  mm y pueden ser considerados alevinos. A las 103 hpe las larvas de *A. gigas* emergen por primera vez a la superficie, iniciando la alimentación exógena a las 146 hpe, tiempo que coincide plenamente con las observaciones de campo reportadas por piscicultores locales en Loreto y Ucayali.

**PALABRAS CLAVE:** *Arapaima gigas*, eclosión, larvas de peces, acuicultura, Iquitos.

## LARVAL DEVELOPMENT OF PAICHE OR PIRARUCU *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822)

### ABSTRACT

This article describes the larval development of paiche *Arapaima gigas* based on the characterization of individuals born and managed into a recirculation system in Iquitos, Loreto (Peru). Every two hours photographs were taken on groups of six larvae using cameras connected to microscopes and stereoscopes. Photographs were analyzed in *Image J* obtaining measures of length of several structures and organs as they appeared and developed in each phase. The time of occurrence of each new structure was recorded. Larvae were characterized from hatching until 196 h post hatching (hph). The larvae of paiche measured  $14.46 \pm 0.34$  mm at the moment of hatching (0 hph) and reached  $19.12 \pm 0.55$  mm at 194 hph. The horizontal diameter of the yolk sac means 82.8% of the total body length of the larva at the time of hatching and is absorbed almost completely at 194 hph (8-day old), when individuals measure  $19.1 \pm 0.55$  mm and can be considered fingerlings. At 103 hph paiche larvae emerge to the surface for the first time, initiating the exogenous feeding at 146 hph, a time that fully agrees with field observations reported by fish farmers from Loreto and Ucayali.

**KEYWORDS:** *Arapaima gigas*, hatching, fish larvae, aquaculture, Iquitos.

## INTRODUCCIÓN

El paiche *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), es un pez endémico de la Amazonía que desde hace siglos ha sido parte importante de la dieta de las poblaciones indígenas y posteriormente mestizas, asentadas en la llanura amazónica del Brasil (Roosevelt, 1980; Murrieta, 2001) y el Perú (Alcántara *et al.*, 2006; Tello, 2014). Hace casi 45 años, un grupo de ejemplares fue accidentalmente introducido en la cuenca del río Madre de Dios y en la actualidad ha colonizado los ríos Beni, Orthon y Yata en la Amazonía boliviana (Carvajal-Vallejos *et al.*, 2013; Miranda-Chumacero *et al.*, 2012). En el Perú, el paiche se encuentra en las cuencas bajas de los ríos Marañón, Napo, Pastaza, Putumayo, Ucayali y Yavarí, empero, las poblaciones más importantes aún se encuentran dentro de la Reserva Nacional Pacaya-Samiría (Sánchez, 1961; Guerra, 1980; PEDICP, 2013). Puede alcanzar hasta tres metros de longitud total y pesar 250 kg (Imbiriba, 1994; Salvo & Val, 1990), que lo convierten en el segundo pez escamado más grande que habita en ambientes dulceacuícolas del continente americano después del pez lagarto norteamericano *Lepisosteus spatula* y el sexto entre todos los peces de agua dulce del mundo (Chu-Koo *et al.*, 2017).

Por su buena demanda en los mercados locales, nacionales e internacionales, su gran tamaño, rápida velocidad de crecimiento, calidad de su carne, capacidad de reproducirse en cautiverio y rusticidad a las condiciones de cultivo, este pez se ha convertido en una especie importante para la acuicultura en Brasil y el Perú. Estadísticas recientes han mostrado un notable crecimiento en la producción de paiche en estados situados en las regiones norte y centro-oeste del Brasil. Un artículo publicado por Pedroza-Filho *et al.* (2016) reporta que Brasil pasó de producir 1,000 t de paiche en el 2011 a cosechar 11,763 t en el 2014, registrando un valor comercial de 117 millones de reales (aproximadamente unos 39.6 millones de dólares norteamericanos). De modo similar, pero en una escala menor; la producción de carne de paiche en el Perú creció de 48 t en el 2010 a un pico de 637 t en el 2012, estando la producción basada esencialmente en dos departamentos: Loreto y Ucayali (Alvan-Aguilar *et al.*, 2016).

En el Perú, se han encontrado una serie de limitantes que a la fecha no han permitido alcanzar la producción masiva y sostenida de alevinos de especies emergentes de la acuicultura amazónica como la doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*), el sábalo cola roja (*Brycon cephalus*), y en menor medida, del paiche. Estos vacíos de conocimiento elevan las tasas de mortalidad en edades tempranas y

hacen que los precios de los alevinos no sean competitivos para el sector productivo. La experiencia peruana indica la existencia de cuellos de botella en los primeros estadios de vida (huevos, larvas, alevinos y juveniles) de estas especies. A modo de ejemplo, un millar de sábalo cola roja llega a costar según la época del año entre S/. 250 a 350 soles en Iquitos, mientras que un alevino de paiche de 8 a 10 cm adaptado al consumo de balanceado y listo para la fase de pre-cría cuesta entre 10 a 12 soles cada ejemplar. En contraposición, el millar de alevinos de tilapia cuesta entre S/. 60 a 80 soles en el vecino departamento de San Martín (selva alta), que significa una constante amenaza ya que los piscicultores asentados en selva baja pueden inclinarse por este cultivo. En ese sentido, realizar investigaciones que amplíen los conocimientos de las primeras fases de vida de estas especies emergentes, es de suma necesidad actual.

A pesar de la importancia económica del paiche y del número de trabajos publicados en los últimos 15 años para viabilizar su cultivo; a la fecha no existe un solo estudio que muestre el desarrollo larval de esta especie. Los resultados aquí mostrados, pretenden ser una contribución al conocimiento de la biología y la ontogenia de *Arapaima gigas* con el fin expreso de mejorar su manejo en edades tempranas (larvicultura), marcando un hito en la investigación de esta especie emblemática de la cuenca amazónica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue desarrollado en las instalaciones de la empresa "Natural Amazon Fish E.I.R.L" (NAF) localizado en el eje carretero Iquitos - Nauta (Km 25, margen izquierdo), distrito de San Juan Bautista de la provincia de Maynas, región Loreto (Perú).

### COLECTA DEL MATERIAL BIOLÓGICO Y CONDICIONES AMBIENTALES

Se utilizaron huevos de *Arapaima gigas* descubiertos de modo accidental al realizarse una faena de captura de individuos adultos en una piscigranja de la empresa NAF-EIRL. Entre 1000 - 1200 huevos fueron exitosamente colectados e inmediatamente trasladados a un sistema de recirculación donde se realizó su incubación dentro una cubeta plástica con 18 L de agua. El flujo de agua en la cubeta fue regulada a razón de 1 L.min<sup>-1</sup>. La calidad de agua del sistema de recirculación durante la fase de incubación y luego para la cría larval fue la siguiente: temperatura del agua 30.14 ± 0.41 °C, pH 6.63 ± 0.20, oxígeno disuelto 5.11 ± 0.35 mg.L<sup>-1</sup>,

sólidos totales disueltos  $257.28 \pm 55.48 \text{ mg.L}^{-1}$ , conductividad eléctrica de  $502.69 \pm 95.10 \text{ }\mu\text{S-cm}^{-1}$ , dióxido de carbono  $6.60 \pm 1.12 \text{ mg.L}^{-1}$ , dureza total  $32.80 \pm 2.24 \text{ ppm}$ , alcalinidad total  $20.80 \pm 4.50 \text{ ppm}$  y nitrógeno amoniacal  $0.57 \pm 0.14 \text{ ppm}$ .

## PROCEDIMIENTO

Se colectaron seis larvas en intervalos de dos horas con ayuda de una pipeta. Las larvas eran inicialmente colocadas en una placa Petri y de allí desplazadas individualmente en un portaobjeto milimetrado para ser fotografiados con dos cámaras fotográficas: i) la primera, de marca Canon (modelo POWERSHOT SX700 HS) y ii) la segunda de marca Nikon (modelo D3100), conectados a un microscopio binocular de luz transmitida Carl Zeiss (modelo PRIMO STAR) o a un estereoscopio de luz marca Zeiss (modelo STEMI 305). Culminadas las sesiones fotográficas para los seis ejemplares, éstos eran regresados a su lugar de origen. Las fotografías fueron analizadas en el Programa *Image J* (National Institute of Health, versión 1.49) obteniéndose medidas de longitud de varias estructuras y órganos según éstas iban apareciendo y desarrollándose en cada fase. El peso fue tomado en una balanza analítica Ohaus (modelo ADVENTURER) con sensibilidad de 0.001 g. Se registró el tiempo de aparición de cada nueva estructura o fase. El seguimiento del desarrollo larval fue realizado desde el momento mismo de la eclosión hasta las 194 horas post eclosión (hpe).

## RESULTADOS

A continuación, se describen un total de 30 etapas de desarrollo larval registradas en los individuos monitoreados en el presente estudio.

### HUEVO

Los huevos colectados presentaron siempre una coloración verde oscura y tenían la particularidad de ser bastante pegajosos. Momentos antes de la eclosión, los huevos midieron y pesaron en media,  $3.70 \pm 0.34 \text{ mm}$  y  $11.0 \pm 0.52 \text{ mg}$ , respectivamente (Figura 1a).

### CERO HORAS POST-ECLOSIÓN (0 HPE)

Las larvas recién eclosionadas presentan un cuerpo translucido y sin pigmentación alguna, a excepción del saco vitelino que tiene un color verde claro. Las larvas miden  $9.97 \pm 0.27 \text{ mm}$  de longitud y  $14.46 \pm 0.34 \text{ mg}$  de peso total.

El diámetro horizontal del saco vitelino es de  $8.20 \pm 0.08 \text{ mm}$ , ocupa casi la totalidad del cuerpo y representa el 82.8% de la longitud total de los individuos en relación a la longitud total del cuerpo. No se observa presencia de la boca ni vestigios del tubo digestivo. Al nacer, las larvas constantemente realizan movimientos giratorios sobre su propio eje con movimientos leves de la zona posterior del cuerpo (Figura 1b).

### 6 HPE

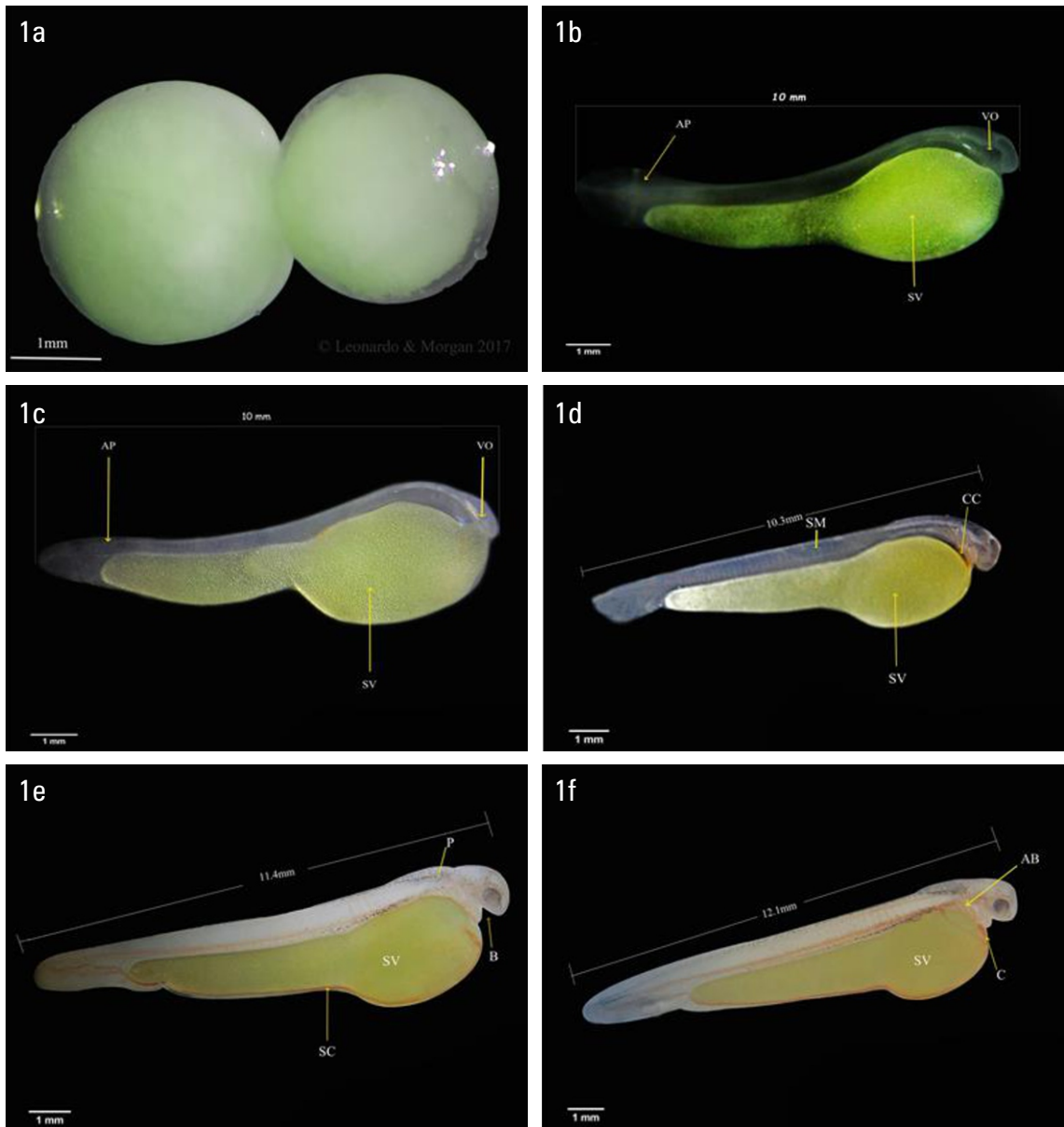
En este momento, las larvas de *A. gigas* miden  $10.3 \pm 0.02 \text{ mm}$  de longitud total pero aún no se llega a distinguir la boca, los ojos ni el tubo digestivo; sin embargo el rudimento de las vesículas ópticas y un esbozo de la cavidad óptica comienzan a ser más notorios. Los desplazamientos natatorios aún son torpes. A esta edad, las larvas pueden realizar movimientos de zigzag pero por tramos bastante cortos (Figura 1c).

### 12 HPE

En esta fase, las larvas alcanzan una longitud total de  $10.4 \pm 0.02 \text{ mm}$ , llegándose a distinguir vestigios de una cámara con tejido cardíaco de color rojizo entre la base de la cabeza y la parte antero-superior del saco vitelino, que contrasta con el color aún translúcido del cuerpo de la larva y verde-claro del saco vitelino. En esta fase del desarrollo larvario, el diámetro horizontal del saco vitelino se reduce hasta significar el 74% de la longitud total del cuerpo. También se puede observar la formación del cristalino y el iris, aún sin pigmentación. Cada 20 segundos aproximadamente, las larvas realizan nados horizontales o movimientos giratorios sobre su propio eje. Sin embargo, los desplazamientos aún son torpes y las larvas no reaccionan a estímulos externos (Figura 1d).

### 18 HPE

Estadio en el cual las larvas alcanzan una longitud total promedio de  $11.4 \pm 0.04 \text{ mm}$ , pero la boca a pesar de que empieza a diferenciarse, aún no está bien definida. En este periodo del desarrollo larval del paiche, resalta la formación y funcionamiento del sistema circulatorio, el cual aparece como un hilo de color rojizo, recorriendo el cuerpo de la larva y los alrededores del saco vitelino, pudiéndose observar a simple vista el corazón, así como los batimientos cardíacos para el bombeo de la sangre. En estos momentos el corazón trabaja a un ritmo de 33 latidos por minuto.



**Figura 1.** Fases de desarrollo larval de *Arapaima gigas*. 1a) huevo. 1b) larva de 0 hpe. 1c) larvas de 6 hpe. 1d) larva de 12 hpe. 1e) larva de 18 hpe. 1f) larva de 24 hpe. Leyenda: AP: aleta primigenia. VO: vesícula óptica. AB: arco branquial. C: corazón. SM: somitos CC: cámara cardíaca. P: pigmentación. B: boca. SC: sistema circulatorio. O: Ojo. SV: saco vitelino.

En esta etapa también aparecen las primeras pigmentaciones en la parte superior de la cabeza, en los ojos y en forma paralela por todo el contorno del saco vitelino. Éstas tienen forma de parches. Aún continúan los nados ondulatorios pero los tramos recorridos son mayores y constantes. A esta edad ya permanecen quietos por mayor tiempo. Los tramos recorridos duran alrededor de 10 segundos (Figura 1e).

#### 24 HPE

Las larvas llegan a medir  $12.1 \pm 0.04$  mm de longitud promedio total y la longitud del saco vitelino representa el 67.5% de la longitud total del cuerpo. Se distingue fácilmente la cavidad pericardial y el corazón comienza a tener forma. La pigmentación oscura continúa extendiéndose, llegando hasta la mitad del cuerpo. En esta etapa, los ojos miden  $0.44 \pm 0.01$  mm, tornándose más oscuros debido a un mayor grado de pigmentación y empiezan a notarse los primeros vestigios de los arcos branquiales (Figura 1f).

#### 32 HPE

En esta fase, las larvas alcanzan una longitud total promedio de  $13.6 \pm 0.03$  mm. Los ojos están pigmentados en un 70% del globo. La apertura bucal alcanza  $0.33 \pm 0.01$  mm y el ojo mide  $0.55 \pm 0.02$  mm. Se puede notar que toda la región dorsal de la cabeza se encuentra fuertemente pigmentada con diminutos puntos de color negro que comienzan a extenderse hasta la región caudal del pez. Junto al saco vitelino aparecen los primeros esbozos de la cavidad urogenital, la misma que tiene una coloración verdosa. Las larvas aún presentan nados torpes pero constantes, el corazón aumenta su ritmo y late en media a 120 veces por minuto. Se nota una reducción significativa del saco vitelino (Figura 2a).

#### 39 HPE

A esta edad, las larvas alcanzan una longitud total promedio de  $13.9 \pm 0.05$  mm. Los ojos están pigmentados completamente de un color negro. A esta edad, la longitud del saco vitelino representa el 60.1% de la longitud total del cuerpo. El corazón se encuentra más definido mientras que la pigmentación de la cabeza se torna más densa y oscura a diferencia del resto del cuerpo que donde las diminutas manchas negras se extienden con menor intensidad. Las larvas aún presentan nados torpes chocando algunas veces unas con otras. No muestran un comportamiento grupal, siendo los desplazamientos totalmente independientes (Figura 2b).

#### 48 HPE

Las larvas alcanzan una longitud total promedio de  $14.1 \pm 0.07$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino representa el 56.7% de la longitud total del cuerpo y el diámetro de los ojos alcanza los  $0.43 \pm 0.01$  mm. La abertura bucal de las larvas es de  $0.52 \pm 0.01$  mm y en esta etapa se aprecia la aparición de la cavidad buco-faríngea. Se aprecia esbozos de la formación de la aleta pectoral y vestigios del ano. En cuanto al comportamiento, a esta edad aproximadamente el 10% de la población comienzan a realizar nados verticales subiendo entre 3 a 5 cm de altura cada 30 segundos (Figura 2c).

#### 52 HPE

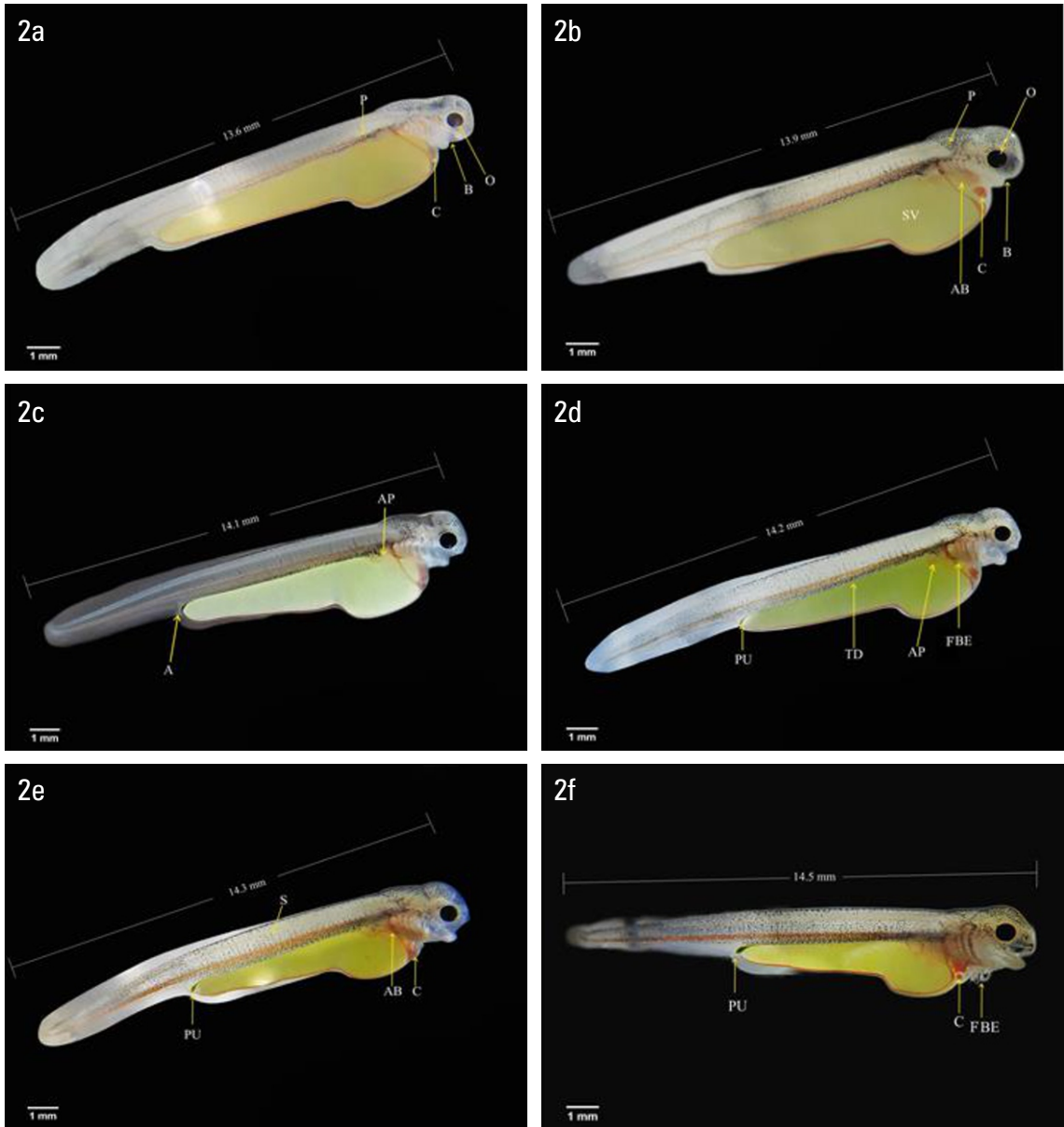
En esta etapa, los peces alcanzan una longitud total promedio de  $14.2 \pm 0.06$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino representa el 51.49% en relación a la longitud total del cuerpo. A partir de este momento, las mandíbulas se contraen, abriéndose y cerrándose a una velocidad de tres veces por segundo. Un aspecto que resalta en esta etapa es el inicio de la exposición externa de los filamentos branquiales. Los nados verticales son más frecuentes subiendo a casi 8 cm de altura luego del cual dan dos a tres giros para finalmente dejarse caer hasta el fondo del recipiente (Figura 2d).

#### 59 HPE

En este lapso de tiempo, los peces alcanzan una longitud total promedio de  $14.3 \pm 0.03$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino es de  $6.5 \pm 0.04$  mm y representa el 46.8% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. Se puede apreciar que la pigmentación va extendiéndose por todo el cuerpo como pequeños puntos de color negro. En esta fase, las aletas pectorales se hacen más visibles. Un 15% de los individuos realizan constantes nados verticales y circulares que duran en media, unos 30 segundos. A esta edad, se observó al primer individuo que pudo emerger a la superficie (Figura 2e).

#### 66 HPE

A esta edad, los peces alcanzan una longitud total promedio de  $14.5 \pm 0.02$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino es de  $6.4 \pm 0.01$  mm y representa el 45.3% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. Las aletas pectorales ya son bastante notorias en esta etapa. Asimismo, el corazón se aprecia dividido en dos cavidades de aspecto redondeado. Respecto al comportamiento, se observa que continúan desplazándose a través de nados torpes y circulares, moviendo la aleta caudal



**Figura 2.** Fases de desarrollo larval de *Arapaima gigas*. 2a) larva de 32 hpe. 2b) larva de 39 hpe. 2c) larvas de 45 hpe. 2d) larva de 52 hpe. 2e) larva de 59 hpe. 2f) larva de 66 hpe. Leyenda: AP: aleta pectoral. VO: vesícula óptica. AB: arco branquial. C: corazón. SM: somitos CC: cámara cardíaca. P: pigmentación. B: boca. SC: sistema circulatorio. O: Ojo. SV: saco vitelino. A: ano. PU: poro urogenital. ABE: arcos branquiales expuestos. TD: tracto digestivo.

con gran rapidez. Durante la natación, se observa que la posición del cuerpo se encuentra casi por lo general en un ángulo de 45°, con la cabeza rozando la superficie del agua (Figura 2f).

#### 72 HPE

En este lapso de tiempo, los peces alcanzan una longitud total promedio de  $14.6 \pm 0.01$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino es de  $6.2 \pm 0.01$  mm y representa aproximadamente el 42.4% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. El poro urogenital es ahora más notorio y de coloración verdosa. Por primera vez se puede observar con claridad la vejiga gaseosa, la misma que mide  $0.93 \pm 0.01$  mm de longitud. La abertura bucal es de  $0.74 \pm 0.01$  mm y el diámetro del globo ocular alcanza los  $0.69 \pm 0.01$  mm.

La velocidad de movimiento de las aletas pectorales es de 150 movimientos por minuto. A esta edad aún no se nota la formación de los opérculos por lo que los filamentos branquiales continúan expuestos al ambiente. La natación aún es torpe y continúa teniendo el mismo patrón de movimientos circulares y ondulatorios relatados anteriormente, con periodos de descanso (Figura 3a).

#### 78 HPE

A esta edad, los peces alcanzan una longitud total promedio de  $14.8 \pm 0.03$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino representa aproximadamente el 41.6% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo, mientras que el diámetro ocular alcanza los  $0.63 \pm 0.01$  mm. Se nota con mayor claridad la unión de la aleta anal y la caudal. La pigmentación del cuerpo se encuentra en una etapa más avanzada, observándose, por ejemplo, que la parte ventral y los laterales de la cavidad abdominal se encuentran bastante pigmentados. En esta etapa las narinas están bien demarcadas. Los peces continúan presentando nado vertical, circular y ondulatorio con movimientos rápidos de la aleta caudal (Figura 3b).

#### 83 HPE

Los ejemplares alcanzan una longitud total promedio de  $14.96 \pm 0.03$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino es de  $6.16 \pm 0.03$  mm y representa el 40.5% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. El diámetro ocular alcanza los  $0.52 \pm 0.01$  mm. El tubo digestivo es de color verde, de trayectoria recta y se nota con mayor claridad. Las larvas son capaces de realizar movimientos mandibulares con mayor frecuencia (Figura 3c).

#### 90 HPE

Los peces, alcanzan una longitud total promedio de  $15.1 \pm 0.01$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino es de  $6.02 \pm 0.02$  mm y representa el 39.7% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo.

El diámetro ocular alcanza los  $0.44 \pm 0.01$  mm. Un aspecto importante en esta etapa es que se comienza a notar la formación de los opérculos, pero los filamentos branquiales continúan expuestos al entorno. El corazón se aprecia claramente como una masa globular con dos cámaras mientras que la parte posterior del pez se observa bastante pigmentada (Figura 3d).

#### 96 HPE

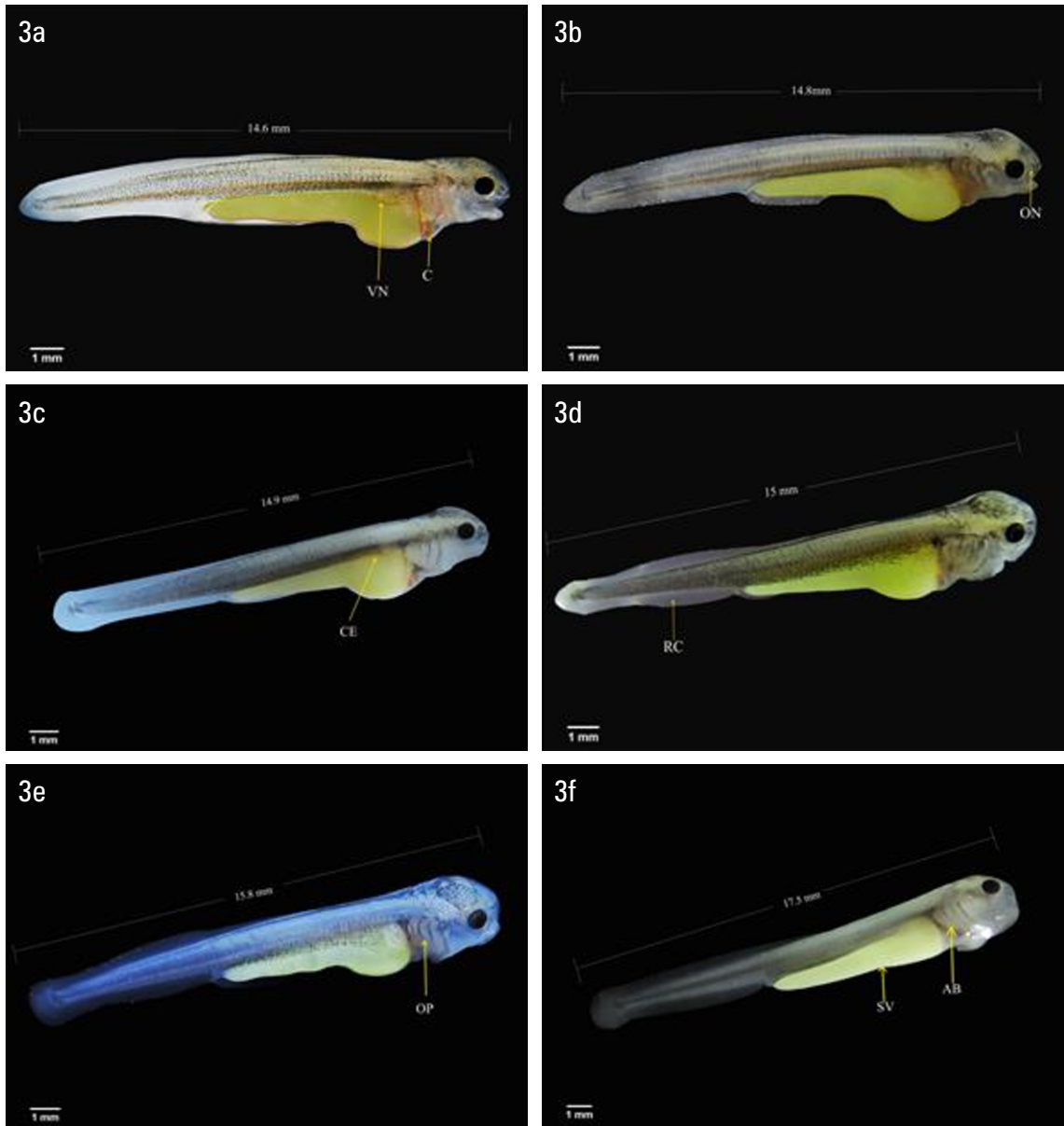
En este periodo, los peces alcanzan una longitud total promedio de  $15.8 \pm 0.01$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino es de  $6.0 \pm 0.01$  mm y representa el 35.9% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. El diámetro ocular alcanza los  $0.54 \pm 0.01$  mm. El saco vitelino va perdiendo la forma de media luna y se aprecia casi en línea recta, la pigmentación continua expandiéndose por toda la superficie del cuerpo del pez.

Es altamente probable que a esta edad se dé inicio a la fase de pre-flexión del notocordio que puede notarse con claridad la formación de los primeros radios en la base de la aleta caudal. A partir de esta edad, una significativa parte de los individuos presentan ahora una natación más ordenada, siendo éstas de forma vertical y horizontal desde la mitad de la columna de agua; sin embargo, aproximadamente el 40% de la población aún continúa realizando nados con un patrón circular (Figura 3e).

#### 103 HPE

Las larvas alcanzan una longitud total promedio de  $17.5 \pm 0.01$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino es de  $6.0 \pm 0.01$  mm y representa el 34.3% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. El diámetro ocular alcanza los  $0.65 \pm 0.01$  mm. A esta edad, los arcos y filamentos branquiales aún continúan expuestos al ambiente externo.

Respecto al comportamiento, se observa que el 100% de la población tiene la capacidad de emerger a la superficie y nadan en grupos en tramos de aproximadamente 20 a 25 cm, se detienen por décimas de segundo para inmediatamente seguir nadando y explorando el ambiente, a nivel de la superficie. Aún no presentan el comportamiento de nadar todos en un solo cardumen (Figura 3f).



**Figura 3.** Fases de desarrollo larval de *Arapaima gigas*. *3a)* larva de 72 hpe. *3b)* larva de 78 hpe. *3c)* larvas de 83 hpe. *3d)* larva de 90 hpe. *3e)* larva de 96 hpe. *3f)* larva de 103 hpe. Leyenda: AB: arco branquial. OP: opérculo. VN: vejiga natatoria. CE: cavidad estomacal. RC: región caudal. FBE: filamentos branquiales. ON: narinas.



#### 110 HPE

A esta edad, los peces alcanzan una longitud total promedio de  $17.9 \pm 0.07$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino representa el 34.1% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo y la cabeza del pez mide en media,  $3.68 \pm 0.02$  mm. El diámetro vertical del saco vitelino se ha reducido significativamente y en esta fase de su desarrollo larval solo alcanza los  $1.08 \pm 0.03$  mm. La forma de la aleta caudal está bien definida, mientras que el dorso presenta una coloración oscura. A esta edad se da inicio a la fase de flexión del notocordio. Los peces son más activos, se mueven de un lado a otro en la superficie con natación por lo general en plano horizontal. En esta fase, ningún individuo tiene natación torpe ni se chocan entre sí. Los arcos y filamentos branquiales aún continúan expuestos al ambiente externo (Figura 4a).

#### 116 HPE

Los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.0 \pm 0.02$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino representa el 33.3% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo y la cabeza del pez mide en media,  $3.54 \pm 0.02$  mm. El diámetro vertical del saco vitelino continúa reduciéndose y a esta edad es de  $0.51 \pm 0.02$  mm. Los rayos de la aleta caudal son más notorios y se encuentran más pigmentados. La forma de la zona caudal del pez se asemeja cada vez más a un ejemplar juvenil. Se empieza a notar la presencia de bilis, como una sustancia de color verdosa dentro de la cavidad abdominal. Los filamentos branquiales aún continúan expuestos al ambiente externo (Figura 4b).

#### 121 HPE

En esta etapa de vida, los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.1 \pm 0.01$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino representa el 33.1% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo y la cabeza del pez mide en media,  $3.54 \pm 0.02$  mm. El diámetro vertical del saco vitelino continúa reduciéndose y a esta edad es de  $0.48 \pm 0.02$  mm. La abertura bucal alcanza los  $1.03 \pm 0.01$  mm y el diámetro ocular mide en media  $0.71 \pm 0.04$  mm. Las regiones dorsal y caudal del cuerpo están completamente pigmentadas con diminutos puntos de color negro. Un aspecto importante a esta edad, es que los opérculos se encuentran en avanzado estado de formación, recubriendo casi el 70% del área donde anteriormente los arcos y filamentos branquiales se hallaban expuestos. A esta edad se culmina la fase de flexión del notocordio (Figura 4c).

#### 128 HPE

En esta fase los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.3 \pm 0.07$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino alcanza los  $4.12 \pm 0.04$  mm y representa el 22.6% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. El diámetro ocular mide en media  $0.75 \pm 0.03$  mm, mientras que las aletas pectorales tienen una extensión media de  $0.93 \pm 0.01$  mm.

Las reservas vitelinas se han consumido en más del 80% y el corazón se encuentra completamente definido, trabajando a un ritmo de 173 latidos por minuto. A esta edad se inicia la fase de post-flexión de la larva. La natación de los peces es constante, desplazándose de un lado a otro justo debajo de la superficie así como también por toda la columna de agua (Figura 4d).

#### 134 HPE

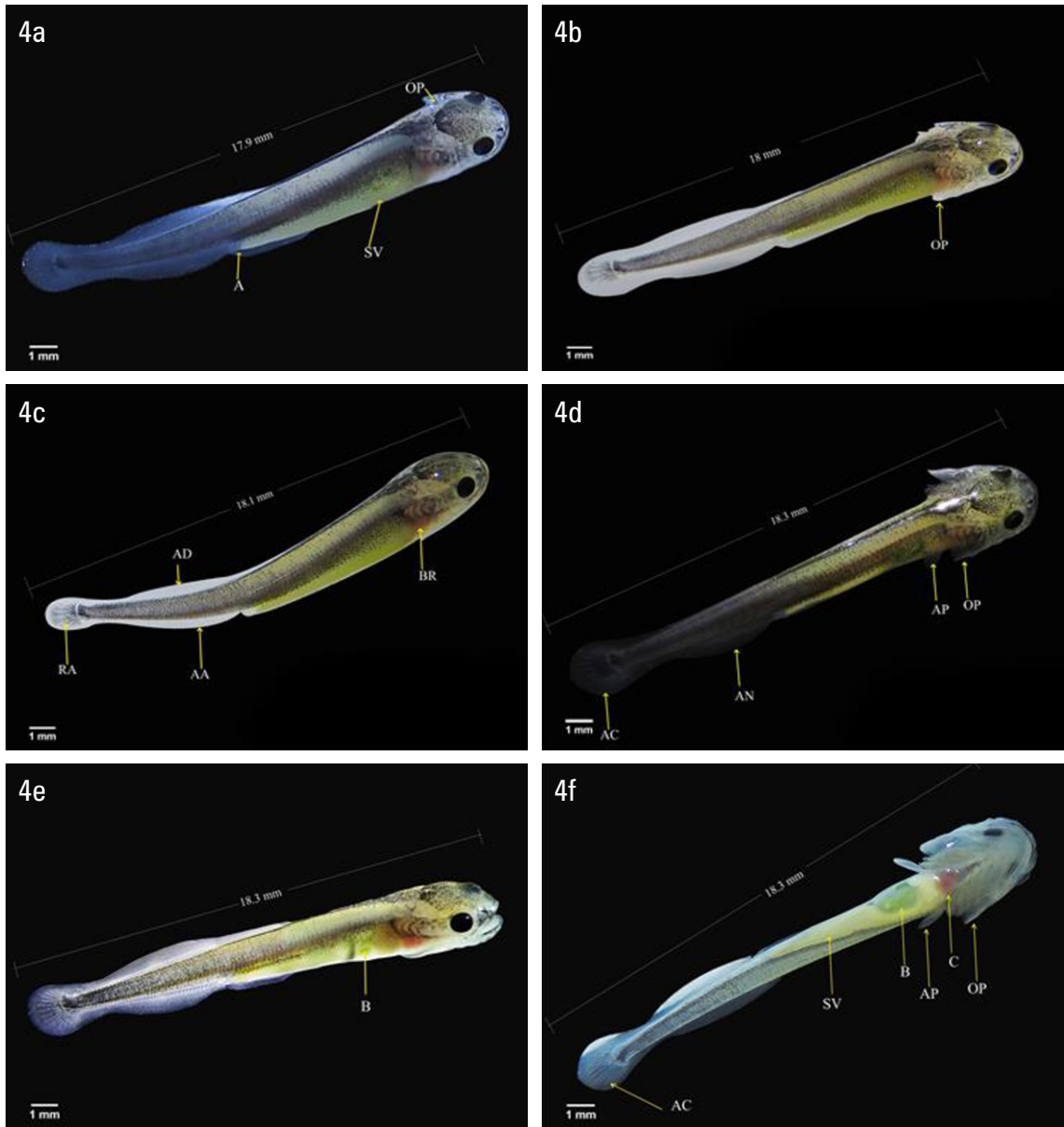
Las larvas alcanzan una longitud total promedio de  $18.32 \pm 0.08$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino representa el 22.2% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. Los radios de la aleta caudal son más desarrollados, notándose fácilmente. La aleta caudal y la anal prácticamente forman una sola estructura. Aun no presentan el comportamiento de cardumen (Figura 4e).

#### 140 HPE

En esta fase los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.35 \pm 0.06$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino representa el 21.8% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. El diámetro vertical del saco vitelino continúa reduciéndose y a esta edad es de  $0.38 \pm 0.02$  mm. A esta edad, la cabeza mide  $3.52 \pm 0.07$  mm y el diámetro ocular  $0.73 \pm 0.12$  mm (Figura 4f).

#### 146 HPE

Los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.37 \pm 0.08$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino mide  $3.8 \pm 0.03$  mm y representa el 20.7% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. A esta edad, la cabeza mide  $3.73 \pm 0.06$  mm y el diámetro ocular  $0.8 \pm 0.03$  mm. Se aprecia fácilmente la materia biliar contenida en la vesícula, el estómago, vejiga gaseosa y el corazón. En esta fase de vida, las larvas inician su alimentación exógena, consumiendo los quistes de *Artemia* que se les suministró como alimento. Debido a la casi transparencia de la cavidad abdominal, se podía notar los quistes de *Artemia* por su característica coloración anaranjada (Figura 5a).



**Figura 4.** Fases de desarrollo larval de *Arapaima gigas*. 4a) larva de 110 hpe. 4b) larva de 116 hpe. 4c) larvas de 121 hpe. 4d) larva de 128 hpe. 4e) larva de 134 hpe. 4f) larva de 140 hpe. Leyenda: OP: opérculo. SV: saco vitelino. A: Ano. B: bilis. AA: aleta anal. AD: aleta dorsal. RA: radios. AP: aleta pectoral. AC: aleta caudal.

#### 152 HPE

Los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.4 \pm 0.03$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino mide  $3.55 \pm 0.02$  mm y representa el 18.4% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. A esta edad, la cabeza mide  $4.2 \pm 0.01$  mm. Los filamentos branquiales cubiertos en un 95% por los opérculos. En esta etapa se puede apreciar con mayor claridad los quistes de *Artemia* a nivel de la cavidad estomacal como también en los intestinos (Figura 5b).

#### 163 HPE

En esta fase los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.5 \pm 0.12$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino mide  $3.21 \pm 0.05$  mm y representa el 17.34% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. A esta edad, la cabeza mide  $3.89 \pm 0.04$  mm. Natación veloz pero aún sin presentar el comportamiento de cardumen (Figura 5c).

#### 167 HPE

Los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.6 \pm 0.09$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino mide  $2.71 \pm 0.05$  mm y representa el 14.5% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. Los opérculos aún no se han formado completamente (Figura 5d).

#### 184 HPE

En esta fase los peces alcanzan una longitud total promedio de  $18.98 \pm 0.11$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino mide  $2.22 \pm 0.04$  mm y representa el 11.7% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. Los opérculos se han formado completamente, cubriendo en su totalidad a los filamentos branquiales. La longitud de la cavidad estomacal es de  $1.52 \pm 0.08$  mm, notándose la presencia del alimento. La vejiga natatoria mide  $0.56 \pm 0.04$  mm y la vesícula biliar tiene un extensión de aproximadamente  $0.58 \pm 0.03$  mm (Figura 5e).

#### 194 HPE

Los peces alcanzan una longitud total promedio de  $19.1 \pm 0.55$  mm. El diámetro horizontal del saco vitelino mide  $1.8 \pm 0.07$  mm y representa el 9.4% en relación a la longitud total del cuerpo del individuo. La abertura bucal alcanza  $0.98 \pm 0.08$  mm. A esta edad, un individuo puede llegar a pesar  $21.01 \pm 1.07$  mg. La forma del cuerpo totalmente definida. En este periodo, se culmina la fase de post-flexión del

notocordio, pudiendo notarse fácilmente la formación de los radios en la base de la aleta anal y dorsal. Natación veloz pero aún sin presentar el comportamiento de cardumen (Figura 5f).

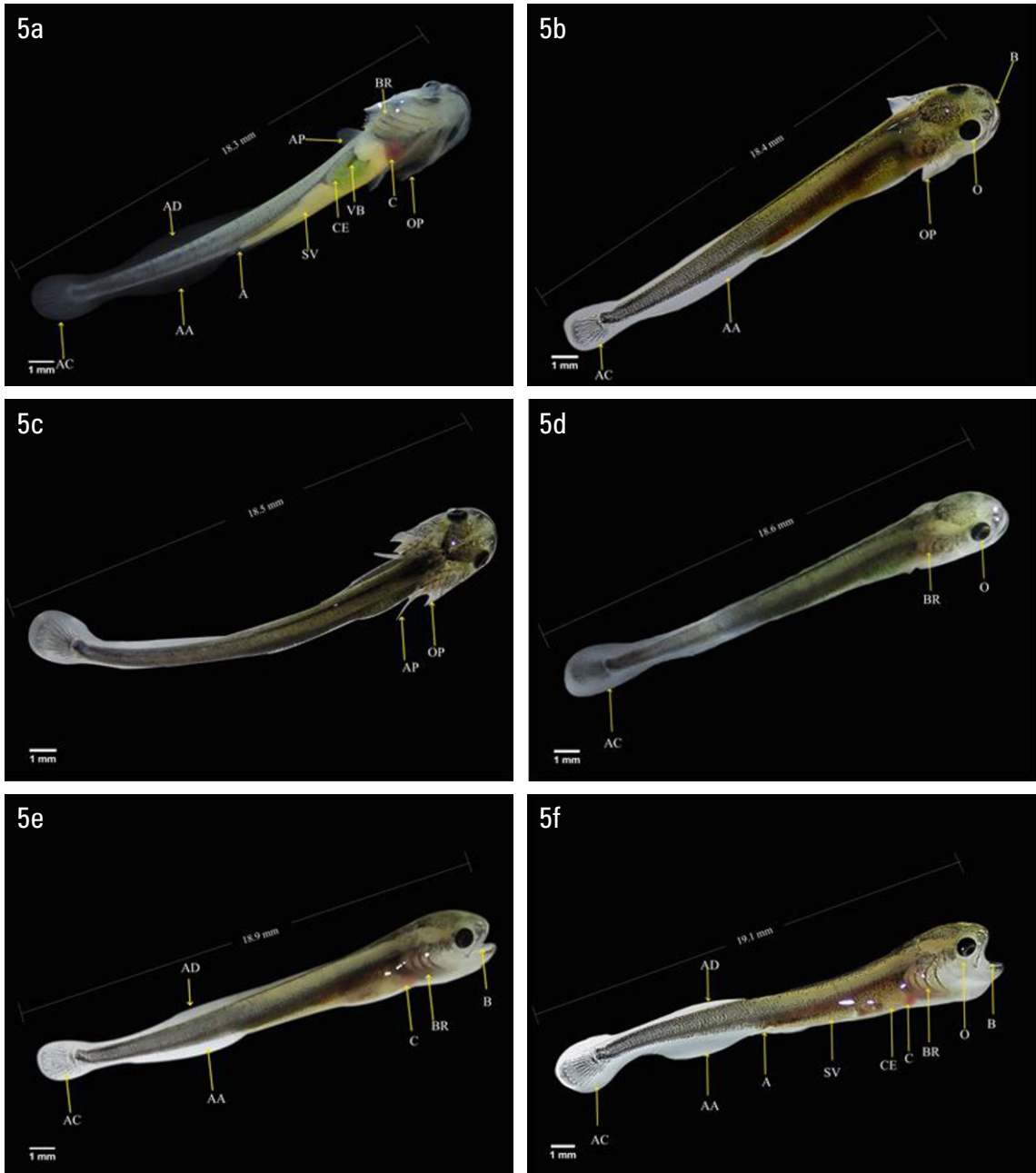
## DISCUSIÓN

### DIMENSIONES DEL HUEVO

Al ser una especie de gran porte y estrategia reproductiva del tipo *k*, lo lógico es que el paiche produzca óvulos relativamente grandes. De hecho, para el presente estudio sacrificamos una hembra adulta (1.92 m y 82.1 kg, de longitud y peso total, respectivamente) y comprobamos que el diámetro de los óvulos inmaduros y en proceso de maduración (color amarillento a verde claro), obtenidos del ovario varían entre 0.6 a 1.4 mm (estadios I, II y III), mientras que los óvulos maduros, que tienen una coloración verde oscura (estadio IV) miden entre 1.5 a 3.0 mm (en promedio unos  $2.20 \pm 0.41$  mm), teniendo un diámetro similar a los de una especie cercana como el osteoglósido africano *Heterotis niloticus* cuyos óvulos maduros varían entre 2.0 a 3.0 mm (Adite *et al.*, 2006) pero definitivamente más pequeños que los óvulos maduros del esturión persa *Acipenser persicus*, la arahuana plateada *Osteoglossum bicirrhosum* y la arowana asiática *Scleropages formosus*, que miden 3.3 - 3.9, 12 y 19 mm de diámetro, respectivamente (Hajimoradloo *et al.*, 2007; Scott & Fuller, 1976; Yanwirsal, 2013). Bagres sudamericanos como el *Zungaro jahu* y *Pseudoplatystoma corruscans* (Pimelodidae) presentan óvulos maduros con diámetros de  $1.38 \pm 0.06$  mm y 0.95 mm, respectivamente (Marques *et al.*, 2017; Marques *et al.*, 2008).

Una vez fecundadas y en pleno proceso de formación de los embriones, los huevos de *A. gigas* se hidratan y ganan tamaño. Antes de la eclosión, los huevos colectados en el presente estudio presentaron un diámetro de  $3.70 \pm 0.34$  mm, pesando  $11.05 \pm 0.52$  mg y por sorprendente que parezca, tienen un diámetro similar a los huevos hidratados de peces de menor porte como del *Brycon orbignyanus* ( $3.46 \pm 0.29$  mm, Reynaldo-Tataje *et al.*, 2004), *B. cephalus* y *B. insignis* (Bernardino *et al.*, 1993; Andrade-Talmelli, 1997; Andrade-Talmelli *et al.*, 2001), pero superiores al de *B. amazonicus* (Nakauth *et al.*, 2016).

Por otro lado, el diámetro de los huevos del pez lagarto *Lepisosteus spatula* ( $4.36 \pm 0.3$  mm) y de su pariente cercano, el gar tropical *L. tropicus* ( $3.86 \pm 0.2$  mm), dos peces de gran porte como el paiche, tienen medidas cercanas (Aguilera *et al.*, 2002).



**Figura 5.** Fases de desarrollo larval de *Arapaima gigas*. 5a) larva de 146 hpe. 5b) larva de 152 hpe. 5c) larvas de 158 hpe. 5d) larva de 163 hpe. 5e) larva de 184 hpe. 5f) larva de 194 hpe. Leyenda: RA: radios. BR: branquias AA: aleta anal. AD: aleta dorsal. AP: aleta pectoral. B: boca. C: corazón. VS: vesícula biliar. O: Ojo. OP: opérculo. CE: cavidad estomacal. BR: branquias. VB: vesícula biliar.

## DEL TAMAÑO DE LA LARVA RECIÉN ECLOSIONADA

Las larvas de *A. gigas* recién eclosionadas, miden  $9.97 \pm 0.27$  mm y pesan  $14.46 \pm 0.34$  mg, y son definitivamente más pequeñas que las larvas de *A. persicus* (11.25 mm, Hajimoradloo *et al.*, 2007) y especies cercanas como *O. bicirrhosum* que miden 14 mm (Yanwirsal, 2013) y de *S. formosus* que también alcanzan los 14 mm de longitud con 3.5 g de peso total, respectivamente (Scott & Fuller, 1976). En este corto periodo de vida, las larvas de paiche triplican la talla de las larvas recién eclosionadas de *Brycon amazonicus* (Nakauth *et al.*, 2016) y duplican a las de otras especies sudamericanas como la gamitana *Colossoma macropomum*, paco *Piaractus brachypomus* y sus híbridos (Botero *et al.*, 2004), como también a las de *Brycon orbignyanus* cuyas larvas recién eclosionadas tienen  $4.46 \pm 0.39$  mm y  $2.56 \pm 0.73$  mg, de longitud y peso total, respectivamente (Reynalte-Tataje *et al.*, 2004). De mismo modo, al ser comparadas con las larvas eclosionadas del pez lagarto norteamericano, que miden de 6.6 a 8.8 mm y pesan de 11.4 a 12.8 mg y del gar tropical, cuyas larvas miden al nacer entre 6.8–9.0 mm (Aguilera *et al.*, 2002), las larvas de paiche presentan una apreciable ventaja de talla y peso en ese crucial estadio de vida.

*A. gigas* no presenta ningún tipo de pigmentación en el cuerpo al momento de la eclosión, a diferencia de *Brycon orbignyanus* cuyas larvas presentan pigmentación bastante desarrollada en el cuerpo y los ojos, así como una abertura vertical de la boca equivalente al  $15.2 \pm 1.9\%$  de la longitud del cuerpo apenas a las 36 hpe, periodo en el cual se observa un intenso canibalismo en esta especie (Reynalte-Tataje *et al.*, 2004). Las larvas de paiche no mostraron en ningún momento signos de canibalismo intra-cohorte y recién desarrollan cierto nivel de pigmentación en la zona dorsal y lateral del cuerpo así como en los ojos, a partir de las 18 hpe.

## DEL TIEMPO DE EMERGENCIA A LA SUPERFICIE, REABSORCIÓN DEL SACO VITELINO Y PRIMERA ALIMENTACIÓN EXÓGENA

Según lo observado en el presente trabajo, las larvas iniciaron el ascenso a la superficie a las 103 hpe (4.3 días), lo que hipotéticamente supone que podrían haber desarrollado tres características importantes: i) un alto grado de independencia natatoria, ii) la capacidad de respirar oxígeno atmosférico y iii) la capacidad de atrapar y usar alimento exógeno. Observaciones de campo realizadas por piscicultores de los departamentos amazónicos de Loreto y Ucayali y datos reportados por Saavedra y Collado (2016) indican que las larvas

de paiche emergen a la superficie de los estanques a partir del quinto o sexto día post eclosión, una vez que han reabsorbido por completo el saco vitelino y necesitan alimentarse del plancton presente en la superficie de las piscigranjas. Antes de ello, los piscicultores relatan que las larvas nadan siempre adheridas al dorso del padre, tienen respiración eminentemente acuática y nunca se despegan de su compañía y protección. Según nuestro análisis es altamente probable que la emergencia de los peces a la superficie haya básicamente ocurrido debido al primer aspecto, es decir, al desarrollo de un alto grado de independencia en la natación, toda vez que las larvas de paiche iniciaron su alimentación exógena entre las 140 a 146 hpe (5.8 – 6.1 días), un dato cronológico que coincide casi exactamente con el tiempo de emergencia a la superficie reportado por Saavedra & Collado (2016) y que la absorción completa del saco vitelino en el paiche no fue reportada en el presente trabajo, habiendo notado aún vestigios del mismo a las 194 hpe, periodo en el cual concluimos nuestro registro de observaciones.

El tiempo de inicio de la alimentación exógena del paiche es similar al registrado para las larvas de pez lagarto norteamericano *Lepisosteus spatula*, un pez con dimensiones similares al paiche, cuyo tiempo fue estimado entre los 5 a 8 días post-eclosión cuando las larvas miden entre 12.5 a 22.5 mm (Mendoza *et al.*, 2002).

Se pudo observar que las larvas de paiche tienen una alta preferencia por los quistes de *Artemia salina*, a pesar de que también se les administró *Moina* spp. A los 146 hpe (6.1 días) el diámetro horizontal del saco vitelino representaba en media apenas el 20% de la longitud total del pez pero el diámetro vertical (altura) se había reducido casi por completo, convirtiéndose en una delgada línea paralela y pegada al cuerpo del pez que confirmaría que las reservas de vitelo ya no cubrían satisfactoriamente la demanda nutricional y energética de los peces. A las 146 hpe los peces habían desarrollado completamente el tubo digestivo, se alimentaban de quistes de *Artemia*, medían en media unos 1.83 cm y habían desarrollado la capacidad de respiración aérea, pudiendo ser considerados desde este momento, según Darias *et al.* (2015), como alevinos.

En otras especies la reabsorción del saco vitelino toma un tiempo más prolongado. Por ejemplo, Chai *et al.* (2011) reportó que las larvas de esturión chino *Acipenser sinensis* inicia la alimentación exógena al octavo día post eclosión y que la absorción total del saco vitelino se da al décimo día post-eclosión. Por su parte, Yanwirsal (2013) afirma que en *O. bicirrhosum* este fenómeno se da a los 75 días (88

mm de longitud total) pero indicando que las larvas no esperan hasta la ocurrencia de este hecho para iniciar la primera alimentación exógena, la misma que según este autor, sucede entre los 26 y 30 días post-eclosión, cuando miden entre 38 a 40 mm de longitud. Argumedo (2005) sin embargo, reporta que *O. bicirrhosum* reabsorbe completamente el saco vitelino cuando los individuos miden en promedio unos 74 mm y que aceptan alimento exógeno a partir de los 64 mm (entre los 65 a 70 días post eclosión).

En conclusión, las larvas de paiche miden  $14.46 \pm 0.34$  mm al momento de la eclosión y alcanzan  $19.12 \pm 0.55$  mm a las 194 hpe. El diámetro horizontal del saco vitelino abarca el 82.8% de la longitud total del cuerpo de la larva al momento de la eclosión y es absorbido casi por completo a los 194 hpe. La alimentación exógena se inicia a las 146 hpe y los peces emergen a la superficie juntos por primera vez a las 103 hpe. La información contenida en este artículo será de suma importancia para refinar varios aspectos de la crianza de las larvas de esta especie en piscicultura.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Adite, A.; Winemiller, K.O.; Fiogbe, E.D. 2006. Population structure and reproduction of the African bonytongue *Heterotis niloticus* in the So River floodplain system (West Africa): implications for management. *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 30–39.
- Aguilera, C.; Mendoza, R.; Rodríguez, G. & Márquez, G. 2002. Morphological description of Alligator Gar and Tropical Gar larvae, with an emphasis on growth indicators. *Transactions of the American Fisheries Society*, 131(5): 899-909.
- Alcántara, B.F.; Wust, W.; Tello, M.S.; Rebaza, A.M. & Del Castillo, D. 2006. Paiche. El gigante del Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. 69p.
- Alvan-Aguilar, M.A.; Chu-Koo, F.W.; Baluarte, M.G.C.; Collado, P.L.A. y Velarde, R.D.A. 2016. Análisis de las estadísticas de producción de carne y semilla de paiche *Arapaima gigas* en Loreto y Ucayali (Perú). *Folia Amazónica*, 25(2): 183–190.
- Andrade-Talmelli, E.F.; Kavamoto, E.T.; Romagosa, E. & Fenerich, V.N. 2001. Embryonic and larvae development of the “piabanha”, *Brycon insignis*, Steindachner, 1876 (Pisces, Characidae). *Boletim do Instituto de Pesca*, 27(1): 21-28.
- Argumedo, E. 2005. Arawanas. Manual para la cría comercial en cautiverio. Asociación de Acuicultores del Caquetá – ACUICA. Florencia, 105p.
- Bernardino, G.; Senhorini, J.A.; Fontes, N.A.; Bock, C.L.; Mendonca, JOJ. 1993. Propagação artificial do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) (Teleostei, Characidae). *Boletim Técnico do CEPTA*, 6 (2): 1-9.
- Botero, M.; Fresneda, A.; Montoya, A.F.; Olivera-Ángel, M. 2004. Desarrollo embrionario de zigotos híbridos obtenidos por cruzamiento de machos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) y hembras de cachama negra (*Colossoma macropomum*). *Revista Aquatic*, 21: 52-61.
- Carvajal-Vallejos, F.M.; Van Damme, P.; Córdova, L. & Coca, C. 2013. La introducción de *Arapaima gigas* (Paiche) en la Amazonía Boliviana. En: Los peces y delfines de la Amazonía Boliviana. Hábitats, potencialidades y amenazas. Van Damme, P.; Carvajal-Vallejos, F.M. & Molina, C.J. (Eds.). 367-395p.
- Chai, Y.; Xie, C. & Wei, Q.W. 2011. Yolk-sac absorption and point of no return in Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* larvae. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 687–689.
- Chu-Koo, F.; Fernández, M.C.; Rebaza, A.C.; Darias, M.J.; García-Dávila, C.; García, V.A.; Tello, M.S.; Campos, B.L.; Alvan-Aguilar, M.; Ayarza, R.J.; Renno, J-F.; Arbildo, O.H. & Arévalo, L.L. 2017. El cultivo del paiche. Biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Gobierno Regional de Loreto. Primera Edición. Iquitos, 110p.
- Guerra, H. 1980. Desarrollo sexual del paiche (*Arapaima gigas*) en las zonas reservadas del estado (ríos Pacaya y Samiria) 1971-1975. Informe IMARPE 67. Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú.
- Hajimoradloo, A.; Agh, N.; Sarli, T. & Makhdoom, N. 2007. Effect of egg size on growth and survival of early stages of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae. *World Aquaculture Society Magazine* (January): 16-19.
- Imbiriba, E. 1994. Reprodução, larva e alevinagem do pirarucu (*Arapaima gigas*). EMBRAPA-CPATU. Recomendações básicas, 26: 1-4p.
- Marques, C.; Faustino, F.; Bertolucci, B.; Paes, M.C.F.; da Silva, R.C. & Nakaghi, L.S.O. 2017. Embryonic development in *Zungaro jahu*. *Zygote*, 25:17–31.
- Marques, C.; Okada, L.S.; Nakaghi, F.F.; Ganeco, L.N. & Senhorini, J.A. 2008. Observation of the embryonic development in *Pseudoplatystoma*

- corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae) under light and scanning electron microscopy. *Zygote*, 16:333–342.
- Mendoza, R.; Aguilera, C.; Montemayor, J.; Revol, A. & Holt, J., 2002. Studies on the physiology of *Atractosteus spatula* larval development and its applications to early weaning onto artificial diets. In: Cruz-Suárez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M. G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de Septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.
- Miranda-Chumacero, G.; Terrazas, A. & Wallace, R. 2012. Importancia económica de la ictiofauna para comunidades indígenas Takanas del río Beni. En: Los peces y delfines de la Amazonía Boliviana. Hábitats, potencialidades y amenazas. Van Damme, P.; Carvajal-Vallejos, F. M. & Molina Carpio, J. (Eds.). 235-245p.
- Murrieta, S.S.R. 2001. A mística do pirarucu: pesca, ethos e paisagem em comunidades rurais do Baixo Amazonas. *Horizontes Antropológicos*, 7(16): 113-130.
- Nakauth, A.C.S.S.; Villacorta-Correa, M.A.; Figueiredo, M.R.; Bernardino, G. & França, J.M. 2016. Embryonic and larval development of *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829). *Braz. J. Biol.*, 76(1): 109-116.
- Núñez, J.; Chu-Koo, F.; Berland, M.; Arévalo, L.; Ribeyro, O.; Duponchelle, F.; Renno, J-F. 2011. Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz), in the region of Iquitos, Peru. *Aquaculture Research*, 42 (6): 815-822.
- PEDICP. 2013. Programa de manejo pesquero de las especies paiche (*Arapaima gigas*) y arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*) en los sectores medio y bajo Putumayo. 78p.
- Pedroza-Filho, M.X.; Pizarro, M.A.E.; Rodrigues, A.P.O.; Rezende, F.P.; Lima, A.F. & Mataveli, M. 2016. Panorama da cadeia produtiva do pirarucu. *Ativos Aquicultura*, 2(8): 1-4.
- Queiroz, H. L. 1999. Artisanal fisheries of pirarucu at the Mamirauá Ecological Station. In: Padoch, C.P.; Ayres, J.M.; Pinedo-Vásquez, M.; Henderson, A. (Ed.). Várzea: diversity, development, and conservation of Amazonia's whitewater floodplains. New York: The New York Botanical Garden Press, 1999.
- Reynalte-Tataje, D.; Zaniboni-Filho, E. & Esquivel, J.R. 2004. Embryonic and larvae development of piracanjuba, *Brycon orbignyanus* Valenciennes, 1849 (Pisces, Characidae). *Acta Scientiarum*, 26(1): 67-71.
- Roosevelt, A.C. 1980. Parmana, prehistoric maize and manioc subsistence along the Amazon and Orinoco. New York: Academic Press.
- Saavedra, R.J. & Collado, P.L. 2016. Manejo de reproductores y alevinos de paiche en sistema de estanques. Dirección Regional de la Producción de Ucayali. Gobierno Regional de Ucayali. Pucallpa, 27p.
- Salvo, R.H. & Val, AL. 1990. O gigante das águas doces. *Ciência Hoje*, 11(64): 10-13.
- Sánchez, J. 1961. El paiche, gigante aspectos de su historia natural, ecología y aprovechamiento. Ministerio de Agricultura. Lima. 48p.
- Tello, S. 2014. Los ríos y sus recursos. En: Varón, G.R. & Maza, C. (Eds.). Iquitos. Fundación Telefónica. 418p.
- Yanwirsal, H. 2013. Reproductive styles of Osteoglossomorpha with emphasis on *Notopterus notopterus* and *Osteoglossum bicirrhosum*. Dissertation Zur Erlangung des akademischen Grades *Doctor rerum agriculturalarum*. Humboldt-Universität zu Berlin. 120p.

Recibido: 20 de Febrero del 2017

Aceptado para publicación: 28 de Abril del 2017

