



GORELORETO

GOBIERNO REGIONAL DE LORETO



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



Instituto de Investigaciones
de la Amazonía Peruana
Programa para el uso
y conservación del agua
y sus recursos
AQUAREC

El cultivo del **paiche**

**BIOLOGÍA, PROCESOS PRODUCTIVOS,
TECNOLOGÍAS Y ESTADÍSTICAS**

El cultivo del paiche. Biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas.

Primera edición. Iquitos, Setiembre de 2017.

© INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA
PERUANA – IIAP
MINISTERIO DEL AMBIENTE/ GOBIERNO DEL PERÚ
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5, Iquitos, Loreto, Perú.
Teléfono: (+51-065-265515 / 265516)
URL: www.iiap.org.pe

© GOBIERNO REGIONAL DE LORETO
Av. Abelardo Quiñones Km. 1.5. Iquitos, Loreto, Perú.
Teléfonos: (065) 26-7010 / 26-6971
URL: www.regionloreto.gob.pe

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional
del Perú N° 2017-10955
ISBN: 978-612-4372-01-8

Esta publicación puede ser solicitada en:

Dirección Regional de la Producción de Loreto.
Av. Ramírez Hurtado 645. Iquitos, Loreto.
Teléfono: (065) 23-2202
URL: www.direproloreto.gob.pe

Biblioteca Central del IIAP
Av. Abelardo Quiñones Km 2.5.
San Juan Bautista, Maynas, Loreto, Perú
Teléfonos: (065) 26-5515, 26-5516.
URL: www.iiap.org.pe/web/biblioteca.aspx

Responsable del contenido técnico: Programa para el Uso y
Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC.

Autores: Fred Chu Koo, Christian Fernández Mendez, Carmela
Rebaza Alfaro, María J. Darias, Carmen García Dávila, Aurea
García Vázquez, Salvador Tello Martin, Luis Campos Baca, Miriam
Alvan Aguilar, Jorge Ayarza Rengifo, Lamberto Arévalo Llerena
Jean François Renno y Humberto Arbildo.

Revisores del texto: Manuel Martín Brañas, Alberto Vásquez
Leyva.

Colaboradores en Loreto: Gabriela Baluarte, Erwin Fernández,
Pedro Ramírez, Luciano Rodríguez, Kevin Ruiz, Gustavo Sakata,
Alberto Vásquez, Carlos Vásquez y Raúl Yalán.
Colaboradores en Ucayali: Roger Bazán, Luis Collado, Nadhia
Herrera, Luis Hinostraza, Jorge Moya, Jany Saavedra, Luis
Sotomayor y Daniel Velarde.

Fotografía: Fernando Alcántara, Miriam Alvan, Humberto Arbildo,
Jorge Ayarza, Fred Chu, Leonardo Dávila, Guillain Estivals,
Erwin Fernández, Carmen García, Jesús Núñez, Carmela Rebaza,
Luciano Rodríguez, Kevin Ruiz y Salvador Tello. Foto de portada:
Guillain Estivals.

Diseño editorial: Rodolfo Loyola Mejía.



Esta publicación fue financiada por el Instituto de
Investigaciones de la Amazonía Peruana.

Se imprimieron 1000 ejemplares en los talleres de
Mantaraya S.R.L., Calle 28, N° 151, Independencia, Lima
Setiembre de 2017

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DE LOS EDITORES.

Consejo Interregional Amazónico - CIAM

Víctor Noriega Reátegui. Gobernador Regional de San Martín.

Fernando Meléndez Celis. Gobernador Regional de Loreto.

Gilmer Horna Corrales. Gobernador Regional de Amazonas.

Manuel Gambini Rupay. Gobernador Regional de Ucayali.

Luis Otsuka Salazar. Gobernador Regional de Madre de Dios.

Rubén Alva Ochoa. Gobernador Regional de Huánuco.

Directorio del IIAP

Dr. Luis Exequiel Campos Baca. Presidente

Dr. Milthon Muñoz Berrocal. Vice Presidente

Dr. Alfredo Quinteros García. Miembro

Dr. Julio Alegre Orihuela. Miembro

Dra. Albina Ruiz Ríos. Miembro

Gobierno Regional de Loreto

Lic. Fernando Meléndez Celis. Gobernador Regional

Ing. Alberto F. Vega Sánchez. Gerente General.

Econ. Aldo Castillo Navarro. Gerente de Desarrollo Económico

Econ. Kerry L. García Hidalgo. Director Regional de la Producción

De los autores

FRED CHU KOO

Biólogo. Doctor en Zoología (Southern Illinois University Carbondale, EE.UU.) Especialista en nutrición acuícola y eco-fisiología de peces amazónicos. IIAP Loreto. CIFAB Quistococha. LMI: EDIA.

CHRISTIAN FERNANDEZ MENDEZ

Ingeniero pesquero. Magister en Acuicultura (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú). Especialista en larvicultura de peces amazónicos. IIAP Loreto. CIFAB Quistococha. LMI: EDIA.

CARMELA REBAZA ALFARO

Bióloga pesquera (Universidad Nacional de Trujillo, Perú). Especialista en reproducción y cultivo de peces amazónicos. IIAP Ucayali. LMI: EDIA.

MARIA J. DARIAS

Bióloga. Doctora en Biología Animal (Universidad de Cádiz, España). Especialista en fisiología y nutrición de peces. IRD, UMR: BOREA, LMI: EDIA, Montpellier, Francia.

CARMEN GARCIA DAVILA

Bióloga. Doctora en Biología Acuática y Pesca Continental (INPA-Universidade Federal do Amazonas, Brasil). Especialista en genética y biología molecular. IIAP Loreto. CIFAB Quistococha. LMI: EDIA.

AUREA GARCIA VASQUEZ

Bióloga. Magister en Ecología (Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Perú). Especialista en biología de peces y manejo de recursos pesqueros. IIAP Loreto. CIFAB Quistococha. LMI: EDIA.

SALVADOR TELLO MARTIN

Ingeniero pesquero. Magister en Ciencias Pesqueras (Oregon State University, EE.UU.) Especialista en manejo de pesquerías. IIAP Loreto. CIFAB Quistococha. LMI: EDIA.

LUIS CAMPOS BACA

Biólogo pesquero. Doctor en Ciencias Ambientales (Universidad Nacional de Trujillo, Perú). Especialista en cultivo de peces amazónicos. IIAP Loreto.

MIRIAM ALVAN AGUILAR

Bióloga. Magister en Ciencias Biológicas (INPA - Universidad Federal do Amazonas – Brasil). Especialista en invertebrados acuáticos. IIAP Loreto. CIFAB Quistococha. LMI: EDIA.

JORGE AYARZA RENGIFO

Biólogo (Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Perú). Especialista en cultivo de peces amazónicos. IIAP Loreto. CIFAB Quistococha.

JEAN FRANÇOIS RENNO

Biólogo. Doctor en genética de poblaciones (Universidad de Montpellier, Francia). Especialista en evolución y genética de peces amazónicos. IRD, UMR: BOREA, LMI: EDIA, Montpellier, Francia.

HUMBERTO ARBILDO ORTÍZ

Biólogo (Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Perú). Especialista en acuicultura y producción de alimento vivo. DIREPRO Loreto.

LAMBERTO AREVALO LLERENA

Técnico en Acuicultura. Transferencia de tecnologías acuícolas de peces amazónicos. IIAP Loreto. CIFAB Quistococha.

AGRADECIMIENTO

A los ilustres amazónicos, doctores Dennis Del Castillo, Antonio Brack, Mariano Rebaza y Fernando Alcántara, quienes visionaron y apostaron por la paichicultura como una alternativa viable para promover el desarrollo de la Amazonía. Lo que se conoce ahora, se debe en gran medida a ellos.

A los reconocidos empresarios loretanos y ucayalinos: Lic. Erwin Fernández Delgado (Granja Acuícola San Luis EIRL, Iquitos), Ing. Gustavo Sakata (Acuícola Los Paiches SAC, Yurimaguas), Blgo. Pesq. Alberto Vásquez Leyva (Amazon Harvest SAC, Iquitos), Blgo. Raúl Yalán Villafana (Neotropical Fauna EIRL), Sr. Luis Sotomayor Rojas (Km. 30, distrito de Campo Verde, Pucallpa), Lic. Jorge Moya y Blgo. Pesq. Luis Hinojosa (Amazon Fish Products S.A., Pucallpa) por su gentil colaboración en varios tópicos del presente manual.

A los destacados profesionales: Roger Bazán, Nadhia Herrera y Luciano Rodríguez (IIAP), Guillain Estivals y María Darias (IRD), Gabriela Baluarte, Pedro Ramírez y Carlos Vásquez (DIREPRO Loreto), Luis Collado, Daniel Velarde y Jany Saavedra (DIREPRO Ucayali), así como a Kevin Ruiz (Proyecto MTTA-IIAP) por sus acertadas apreciaciones técnicas, comentarios, material fotográfico y datos estadísticos proveídos.

A todas aquellas personas que voluntaria y desinteresadamente colaboraron con nosotros, permitiéndonos visitar sus instalaciones y recabar sus valiosas experiencias. Este documento técnico no hubiera sido el mismo sin el aporte de todos y cada uno de ustedes.

CONTENIDO

Presentación	9
Introducción	11
1. Características de la especie	13
1.1. Aspectos taxonómicos	13
1.2. Ecología y distribución	14
1.3. Aspectos biológicos	15
1.4. Aspectos genéticos	16
2. Manejo y cultivo del paiche	18
2.1. Antecedentes de la paichicultura	18
2.2. Infraestructura para el cultivo de paiche	22
2.2.1. Reproductores	23
2.2.2. Alevinaje	23
2.2.3. Engorde	27
2.3. Reproducción en cautiverio	27
2.3.1. Conformación del lote de reproductores	28
2.3.2. Manejo del plantel de reproductores	30
a) Captura y manipuleo de los reproductores	30

b) Marcaje de los reproductores	32
c) Sexaje de los reproductores	36
c.1. Método del patrón de coloración	37
c.2. Sexaje con uso de ultrasonografía	38
c.3. Sexaje con el uso de endoscopia	39
c.4. Métodos bioquímicos	39
2.3.3. Formación de parejas y ensidad de manejo de reproductores	43
2.3.4. Aspectos sanitarios	46
2.3.5. Aspectos alimenticios	48
2.3.6. Calidad de agua	50
2.3.7. Características de la reproducción del paiche en cautiverio	51
a) Emparejamiento, cortejo nupcial y delimitación del territorio reproductivo	51
b) Construcción del nido	52
c) Desove, fertilización y eclosión	53
d) Protección parental de las crías	55
2.3.8. Registro del desempeño reproductivo	55
2.4. Tecnologías para el manejo de crías de paiche	56
2.4.1. Fase administrativa	57
2.4.2. Fase de manejo	58
a) Fertilización	58
b) Captura o levante de los alevinos	59
c) Traslado y manejo de alevinos en las empresas acuaristas	64
d) Adaptación de crías al consumo de alimento balanceado	66
e) Pre-cría	73
f) Calidad de agua	73
g) Aspectos sanitarios	75

2.5. Tecnologías para el engorde de paiche	79
2.5.1. Engorde en estanques de tierra	79
a) Fase de Engorde Inicial	79
b) Fase de Engorde Final	79
2.5.2. Engorde en jaulas	81
2.5.3. Evaluación económica de la producción de paiche (engorde)	83
a) Costos de producción de carne	83
2.6. Proceso de cosecha y post-cosecha de paiche	86
2.6.1. Captura y selección de ejemplares	86
2.6.2. Inmovilización de ejemplares	86
2.6.3. Desangrado	87
2.6.4. Eviscerado, retiro de piel y fileteado	87
2.6.5. Embolsado y pesado	87
2.6.6. Refrigerado	89
2.6.7. Procesamiento en planta	89
3. Estadísticas de producción	91
4. Mercado, comercialización y valor agregado	94
4.1. Mercado	94
4.2. Comercialización	94
4.3. Valor agregado	96
Referencias bibliográficas	99
Anexos	107

PRESENTACIÓN

En la última década se lograron importantes avances en la investigación científica, contribuyendo al incremento del conocimiento sobre la Amazonía peruana y sus recursos, particularmente de los pesqueros, que se han convertido en la fuente de proteína animal más importante en la dieta de la población ribereña y urbana que vive en esta extensa cuenca hidrográfica.

En el siglo pasado, la demanda de carne de paiche fue cubierta íntegramente por la extracción del medio natural, lo que situó a la especie en un estado crítico de conservación, siendo considerada en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres - CITES. Debido a su rápido crecimiento, rusticidad, sabor, calidad y rendimiento de carne, así como por los productos secundarios generados del aprovechamiento de su piel y escamas, utilizadas como insumos para la producción de cueros y artesanías, el paiche es considerado como una de las especies con mayor potencial para la acuicultura en la región.

La crianza del paiche en cautiverio, utilizando las técnicas de cultivo desarrolladas durante los últimos años, se presenta como una alternativa viable desde el punto de vista ambiental, económico y social, contribuyendo a la disminución de la presión de pesca ejercida sobre sus poblaciones naturales. Esto permitirá abastecer el mercado local, nacional e internacional con carne producida en estanques, lo que promoverá la creación

de nuevos puestos de trabajo, contribuyendo así a satisfacer las necesidades alimenticias de la población.

El presente documento es el fruto de una iniciativa conjunta entre el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) y el Gobierno Regional de Loreto y fue elaborado en base al conocimiento y tecnologías generadas en el IIAP, incluyendo importantes aportes técnico-científicos de otras instituciones así como la valiosa experiencia y tecnologías aplicadas en los últimos años por el sector privado en las regiones de Loreto y Ucayali.

Para facilitar su lectura, el documento fue redactado en un lenguaje sencillo, sin dejar de hacer referencia a los trabajos de investigadores nacionales e internacionales que han aportado valiosa información sobre este importante recurso hidrobiológico nativo de nuestra Amazonía.

Es una enorme satisfacción para ambas instituciones del Estado poner este documento técnico a disposición de productores, empresarios, profesionales y académicos, convirtiéndose en una sólida contribución al conocimiento de la especie y al desarrollo de una acuicultura responsable en la Amazonía peruana.

Iquitos, setiembre de 2017

Dr. Luis Exequiel Campos Baca
PRESIDENTE DEL IIAP

Lic. Fernando Meléndez Celis
GOBERNADOR REGIONAL DE LORETO

INTRODUCCIÓN

Mucho se ha escrito acerca del paiche, existiendo un amplio consenso al considerarla como la especie que sustentará el desarrollo de la acuicultura de exportación en los próximos años en la Amazonía peruana, debido a sus excelentes características zootécnicas: (i) calidad y rendimiento de carne, (ii) rápido crecimiento que permite, con una fase de pre cría, conseguir ejemplares entre 8 a 12 kilos por año, (iii) rusticidad y adaptabilidad al manipuleo y a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, (iv) filete sin presencia de espinas, (v) piel y escamas que pueden ser utilizadas para la producción de cueros y artesanías, etc.

Hoy se reportan valiosas experiencias que demuestran la viabilidad de la paichicultura, pues luego de un periodo de adaptación se reproduce naturalmente en estanques de tierra y pueden ser alimentados con dietas balanceadas, peces frescos o forraje de fácil crianza, permitiendo al paichicultor producir carne y alevinos con facilidad. Sirva como ejemplo lo que está ocurriendo en la carretera Iquitos-Nauta y Yurimaguas, en la región Loreto, donde existen empresas que están logrando producir entre 20 a 70 mil alevinos por año, lo que podría dar soporte a un importante programa de desarrollo de la crianza de *Arapaima* en esta parte de la Amazonía peruana. No obstante, siguen existiendo cuellos de botella para desarrollar la paichicultura en Loreto: i) el alto precio del alimento

balanceado ofertado básicamente por empresas comercializadoras de Lima, ii) la falta de infraestructura y logística para el procesamiento post-cosecha (cadena de frío), iii) la falta de conectividad terrestre de Iquitos con el resto del país, iv) los costes de flete y, tal vez lo más importante, v) el reducido tamaño del mercado nacional para los productos hidrobiológicos amazónicos debido a la falta de difusión/promoción del consumo de peces amazónicos por parte del Estado.

Este manual tiene el propósito de compilar y actualizar la información existente sobre la reproducción y crianza de esta valiosa especie, presentando modelos exitosos desarrollados por empresarios y el propio IIAP, incrementando, de este modo, el grado de conocimiento para el manejo de las distintas etapas de producción de la paichicultura.

El presente manual es una guía que proporciona información actualizada sobre variados aspectos del manejo del paiche en acuicultura. Estamos seguros que la aplicación de los protocolos y tecnologías descritas en este documento constituyen herramientas importantes, que unidas a la experiencia del operador y a la asesoría de un profesional pesquero o acuícola, potenciarán el éxito de la paichicultura; por lo que hoy, nos complace poner esta publicación a disposición de los empresarios, piscicultores, técnicos, estudiantes y especialistas de todo el Perú.

1

CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

1.1. Aspectos taxonómicos

De acuerdo a los recientes avances científicos, el paiche *Arapaima gigas* es una de las cinco especies de peces de aguas dulces tropicales reconocidas por la comunidad científica, que forman parte de la familia Arapaimidae. Hasta hace exactamente cinco años, esta familia incluía solo a dos especies restringidas específicamente a las aguas dulces, *Heterotis niloticus* en África y *Arapaima gigas* en América del Sur (Salvo & Val 1990; Reis et al. 2003; Mendes et al. 2006). Hoy sin embargo, en base a características morfológicas y morfométricas, se reconoce la existencia de hasta cuatro especies del género *Arapaima*: *Arapaima gigas* (Schinz 1822), *A. agassizii* (Valenciennes 1847), *A. mapae* (Valenciennes 1847) y *A. leptosoma* (Stewart 2013); quedando aún por confirmar, la validez de una quinta especie denominada *A. arapaima* (Valenciennes 1847).

Los trabajos que confirmaron la inclusión de estas tres nuevas especies del género *Arapaima*, fueron publicados por Stewart (2013a, 2013b), quien validó las descripciones originales, realizadas por Valenciennes (Cuvier & Valenciennes 1847), de dos especies (*A. mapae* y *A. agassizii*), describiendo además una nueva especie (*A. leptosoma*) y descartando de paso que *Arapaima* sea un género monotípico, una idea acuñada por Gunther (1868) al considerar que *A. agassizii*, *A. mapae* y *A. arapaima*, descritas por

Valenciennes eran solo sinonimias de *A. gigas* (Schinz 1822), afirmación que fue tomada como una verdad absoluta durante 145 años y que permitió pensar que *A. gigas* era la única especie de dicho género en toda la Amazonía.

A pesar de que hoy se reconoce la coexistencia de más de una especie de *Arapaima* en la Amazonía, se reconoce que *A. gigas* es la más abundante y ampliamente distribuida del género (Stewart 2013a). Por tanto, para efectos del presente manual, cuando se mencione el nombre común “paiche”, se hace referencia a cualquiera de las cuatro especies del género *Arapaima* identificadas hasta la actualidad.

1.2. Ecología y distribución

El paiche se distribuye naturalmente en la cuenca del Amazonas, en Brasil, Perú y Colombia, así como en los ríos de la Guyana (Sánchez 1961; Reis et al. 2003; Pereira-Filho et al. 2003). En el Perú se encuentra en las cuencas bajas de los ríos Ucayali, Marañón, Putumayo, Napo, Pastaza y Yavarí. Las poblaciones más importantes se encuentran en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria en Perú y en las reservas Mamirauá y Amanã en Brasil (Sánchez 1961; Guerra 1980; PEDICP 2013; Arantes & Castello 2013). El siglo pasado fue introducido en la región de 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).

El paiche habita lugares con poca corriente de agua, como lagos y cochas (Sánchez 1961), pudiendo encontrarse también en lugares poco profundos del río, con abundante vegetación flotante (Salvo & Val 1990; Chaves 2009). Es el segundo pez escamado más grande que habita en aguas dulces, después del pez lagarto norteamericano y el sexto entre todos los peces de agua dulce del mundo. Puede alcanzar los 3 metros de

longitud y pesar 250 kg (Imbiriba 1994; Salvo & Val 1990), caracterizándose por su alta especialización. Presenta respiración acuática y aérea, obligándolo a subir a la superficie del agua en intervalos regulares para captar el aire atmosférico (Sánchez 1961; Salvo & Val 1990; Castello & Stewart 2010).

1.3. Aspectos biológicos

El paiche se caracteriza por presentar los órganos sexuales en el lado izquierdo de la cavidad abdominal. Así, las hembras tienen un solo ovario funcional y los machos un solo testículo funcional (Bastos 1995; Godinho et al. 2005). En ambientes naturales la reproducción ocurre a lo largo de todo el año, pero se intensifica con el período de lluvias, cuando las aguas comienzan a subir su nivel (Imbiriba 1994; Rebaza et al. 2003; Lima & Drummond 2009). En el Perú, algunos estudios realizados en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, muestran que la especie desova durante todo el año con un pico máximo alcanzado de setiembre a diciembre (Guerra 1980). En la Reserva Mamirauá (Amazonas, Brasil) se reproducen con mayor intensidad en el periodo comprendido entre diciembre a mayo de cada año (Lima 2000).

El paiche se caracteriza por presentar un comportamiento reproductivo complejo que involucra la formación de parejas dominantes que establecen su territorio, defendiéndolo tanto de los individuos de su especie como de otros peces (Fontenele 1948; Alcántara et al. 2006). La construcción de nidos es otra característica de esta especie, construyéndolos en orillas poco profundas de suelo firme sin vegetación y con una profundidad menor a un metro. Los nidos miden aproximadamente entre 15 a 20 cm de fondo y hasta 60 cm de diámetro. La pareja se encarga del cuidado de los huevos mientras dura el desarrollo del embrión; la protección de las larvas y alevinos está íntegramente a cargo del macho por

aproximadamente tres meses en lugares inundados (Arantes & Castello 2013). Durante los primeros días de nacidos, los pequeños individuos permanecen agrupados y nadan sobre la cabeza del padre (Rebaza et al. 1999).

En el Perú, las hembras alcanzan la primera madurez sexual con una talla de 185 cm de longitud total (Guerra 1980), en tanto que en Amazonía brasileña, los individuos parecen ser capaces de reproducirse a tamaños menores, a 168 cm de longitud total aproximada (Lima 2000), alcanzando las hembras mayores tamaños que los machos (Godinho et al. 2005). En ambientes controlados se reproducen a la edad de cinco años (Alcántara et al. 2006).

El paiche es un pez carnívoro, su alimentación en el ambiente natural se basa principalmente en diversas especies de carachamas, además de otras como boquichico, yahuarachi, yulillas, mojarras, lisas y sardinas (Sánchez 1961; Rebaza et al. 1999; Alcántara et al. 2006). Antes de ingerir a su presa, la presiona hasta matarla, para luego tragarla (Rebaza et al. 1999). En ambientes controlados acepta peces vivos y muertos (Sánchez 1961), además de alimento artificial (Alcántara et al. 2006; Chu-Koo et al. 2006; Rodrigues et al. 2015).

1.4. Aspectos genéticos

Las poblaciones naturales de paiche en la Amazonía peruana presentan una fuerte diferenciación genética, es decir, existe un reducido flujo de genes entre sus poblaciones (García-Dávila et al. 2011). Si las poblaciones están diferenciadas, significa que tienen una historia evolutiva diferente y que pueden estar adaptadas o tener respuestas diferentes frente a las mismas condiciones ambientales. El cruzamiento de individuos genéticamente distintos a aquellos encontrados en una población natural, puede

promover modificaciones del genoma con nuevas combinaciones genéticas y pérdida de capacidades adaptativas, lo que puede influir en la supervivencia de las crías en el ambiente natural (Melo et al. 2006; Sønstebø et al. 2007; Lopera-Barrero et al. 2008).

Entonces, en el manejo de poblaciones naturales no es recomendable trasladar especímenes de una cuenca a otra muy distante, pues los ejemplares introducidos serían extraños en estas áreas y no adaptados a ellas. La introducción en áreas naturales de individuos que no son originarios del hábitat de la población nativa o que fueron producidos en cautiverio, puede causar reducción en la supervivencia (Almeida et al. 2003; Leuzzi et al. 2004). Por lo tanto, para rehabilitar una población natural demográficamente reducida mediante un programa de repoblamiento, es necesario respetar su pool genético con la introducción de especímenes procedentes de poblaciones genéticamente cercanas (Povh et al. 2008; García-Dávila et al. 2012). De no hacerlo, se atentaría contra las poblaciones naturales y el ecosistema en general, tornando el repoblamiento ineficiente (Sønstebø et al. 2007; Agostinho et al. 2005; Povh et al. 2008).

2

MANEJO Y CULTIVO DEL PAICHE

2.1. Antecedentes de la paichicultura

A mediados del siglo XIX, el paiche seco-salado se convirtió en la principal fuente de proteína de la Amazonía. El inicio del siglo XX se caracterizó por una brusca reducción de recursos hidrobiológicos como el manatí y las tortugas acuáticas, lo que trajo como consecuencia que la pesca del paiche se convirtiera en una importante actividad pesquera (Alcántara et al. 2006). A mediados de la década de 1980, el paiche pasó de ser la más importante y barata fuente de alimento del hombre amazónico a una exquisitez reservada para aquellos que lograban pagar los altos precios en el mercado, situación que se ha venido agravando al punto de que la especie fue incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres – CITES.

Por fortuna, el paiche es una especie que ha demostrado tener gran potencial para la piscicultura, debido a su rusticidad, alto valor en el mercado, excelente sabor de carne y extraordinario desempeño en ambientes controlados. A esto se suma que se reproduce naturalmente en condiciones de cultivo, llegando a producir en promedio, cerca de 1500 crías por desove. Puede alcanzar pesos de entre 8 y 12 kg/año; tiene un

rendimiento en filete de casi 52%, buen sabor, color y textura, con condiciones óptimas para la preparación de productos con valor agregado, lo que además se evidencia por una demanda incipiente pero en aumento en el mercado externo. Estados Unidos, Alemania, Suiza, España, Holanda y Emiratos Árabes Unidos han mostrado cierto interés en la carne de paiche (Udewald 2005; Mueller 2006; Chu-Koo & Alcántara 2009; Chu-Koo et al. 2012; Schaefer et al. 2012). Asimismo, se están realizando envíos a Holanda, España y Emiratos Árabes Unidos desde el año 2014, a raíz de la difusión del producto en ferias alimentarias por parte de productores de Iquitos con apoyo de Promperú (Blgo. Alberto Vásquez, comunicación personal). Por tanto, el desarrollo del cultivo del paiche se convierte en una opción viable para contribuir a la conservación de la especie, atenuando la presión de pesca sobre los adultos y los alevinos de las cada vez más escasas y vulnerables poblaciones naturales.

A inicios de este siglo, la principal limitante para el desarrollo de la paichicultura era la escasa disponibilidad de semilla. En ese sentido, el IIAP puso en marcha un programa de apoyo al cultivo de paiche en estanques de productores del eje carretero Iquitos - Nauta (ECIN), brindando asistencia técnica y transfiriendo paiches juveniles entre los años 2000 y 2007, a fin de ampliar la base productiva de esta especie. El programa se llevó a cabo gracias al apoyo logístico y financiero de la ONG italiana Terra Nuova (1999 - 2001) y la Southern Illinois University Carbondale (2001 - 2003), respectivamente.

Al 2007, 135 piscicultores de 33 comunidades de Loreto, recibieron del IIAP, poco más de un millar de paiches juveniles. Al 2010 el aporte a la producción de semilla fue altamente significativo. Así, el 48.2% de la producción total de alevinos de paiche (periodo 2007 -2009) en el ECIN provino de beneficiarios de dicho programa (Chu-Koo & Tello 2010).

El levante total de alevinos de paiche en Loreto, en el quinquenio 2007 - 2011, fue de 245,990 ejemplares, mientras que entre los años 2012 - 2016 alcanzó la cifra de 320,612 alevinos. Evaluando año por año (Figura 1), la producción total de semilla de paiche creció desde los 14,752 alevinos registrados el año 2007, hasta llegar a un pico de 117,465 alevinos en el 2016 (Chukoo et al. 2012; Alvan-Aguilar et al. 2016).

Según registros oficiales, el levante de alevinos de paiche en Loreto en el periodo 2010 - 2016 fue de 545,952 ejemplares; mientras que la región Ucayali reportó el levante de 278,798 alevinos en el mismo periodo. En términos globales, ambas regiones levantaron 824,750 alevinos, haciendo una media de levante anual de 117,821 alevinos (Figura 1). En términos porcentuales, Loreto fue el responsable del 66.2% de la semilla registrada entre el 2010 - 2016, mientras que Ucayali produjo el 33.8% restante (Alvan-Aguilar et al. 2016).

Anualmente, una significativa parte de la producción de semilla de paiche obtenida en Loreto es destinada a la exportación como peces ornamentales. En términos generales, ambas regiones exportaron en el periodo 2007 - 2016 un total de 328,702 alevinos, de

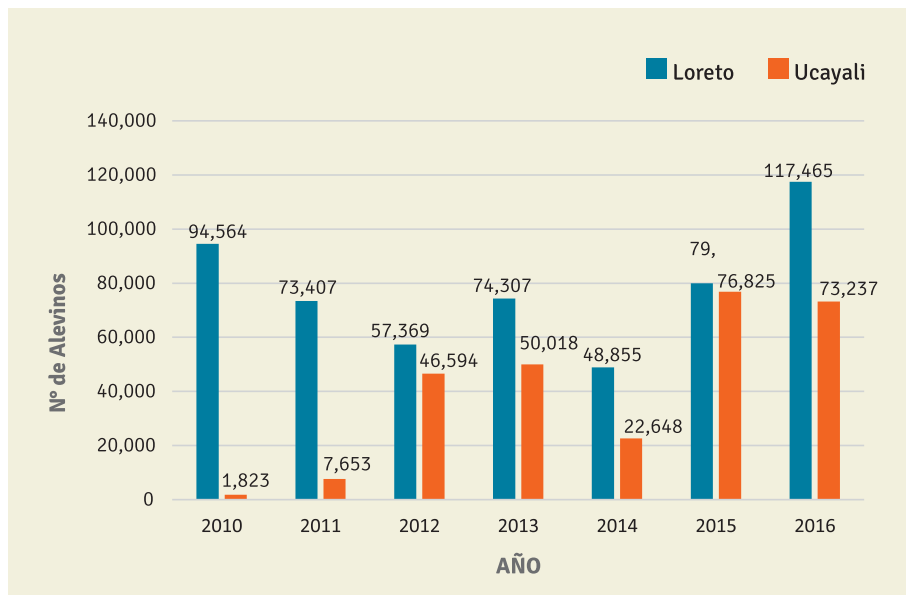


Figura 1. Levante de alevinos de paiche en Loreto y Ucayali provenientes de acuicultura, en el periodo 2010 - 2016. Fuente: Tomado de Alvan-Aguilar et al. (2016).

los cuales, Loreto exportó 311,917 alevinos, mientras que Ucayali registró la exportación de 16,785 alevinos durante el 2015.

En la Figura 2, se presentan las estadísticas de exportación de alevinos como peces ornamentales de la Región Loreto durante el periodo 2007 - 2016. Comparándola con el levante de alevinos registrado en dichos años, los niveles de comercialización de alevinos en Loreto son variables.

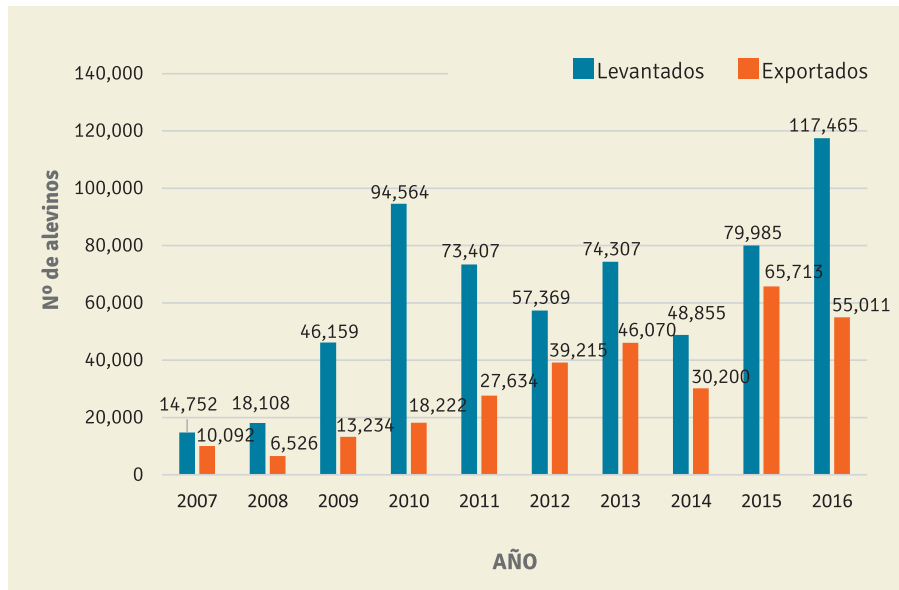
El gradual incremento de la oferta de semilla y la aparición de una amplia gama de alimentos balanceados comerciales (Purina, Nutrimix, Aquatech y Nicovita) destinados a la alimentación del paiche, han permitido la incursión de inversionistas en el engorde de

esta especie en localidades como Yurimaguas e Iquitos (Loreto), Pucallpa (Ucayali), Lima, Tumbes y Piura.

A la fecha, el principal productor de carne de paiche en el Perú es la empresa Acuícola Los Paiches, localizada en Yurimaguas (Alto Amazonas, Loreto), que entre el 2011 y 2012, cosechó 750 TM, comercializadas en supermercados y restaurantes de Lima, así como entre clientes de España y Estados Unidos (Chu-Koo et al. 2012).

En la última década, el IIAP desarrolló una serie de investigaciones con el objetivo de incrementar el nivel de

Figura 2. Levante y exportación de alevinos de paiche desde Loreto en el periodo 2007-2016. Fuente: Tomado de Alvan-Aguilar et al. (2016).



conocimientos sobre la especie, enfocándose en aquellos aspectos útiles para su crianza en cautiverio. De este modo, se desarrollaron estudios sobre alimentación (Del Risco et al. 2009; Rebaza et al. 2006; Yuto et al. 2008), reproducción en cautiverio (Alcántara et al. 2010; Chu-Koo & Alcántara 2010; Núñez et al. 2011a, Alvan-Aguilar et al. 2016), manejo de crías y alevinos (Velásquez et al. 2007; Chu-Koo et al. 2010), sexaje y manejo de reproductores (Dugué et al. 2008; Chu-Koo et al. 2009; Núñez et al. 2011b), cultivo en jaulas (Chu-Koo et al. 2006; Rebaza et al. 2006), ictiopatología (Mathews et al. 2007a; Mathews et al. 2007b), repoblamiento en cochas naturales (Núñez et al. 2015), variabilidad genética (García-Dávila et al. 2011; García-Dávila et al. 2012; García-Dávila et al. 2015), entre otros, que hoy aportan información valiosa para la elaboración del presente manual.

2.2. Infraestructura para el cultivo de paiche

En el cultivo de paiche se emplean diversos tipos de infraestructura según los requerimientos de cada etapa. Las unidades de cultivo más usadas son los estanques de tierra, para las etapas de engorde y reproducción (Núñez et al. 2011a) y en menor grado, para alevinaje y pre-cría, considerando también como alternativa para el engorde las jaulas flotantes en represas, lagos y lagunas (Alcántara et al. 2006).

Aunque menos usados debido a los mayores costos, están los sistemas de recirculación para la etapa de alevinaje y engorde. Para la fase de manejo de crías se emplean tanques de cemento, tanques revestidos con mayólicas, tinas plásticas, cajones de madera revestidas con plástico, acuarios de vidrio, piscinas armables de plástico y tinas y/o cubetas de fibra de vidrio.

2.2.1. Reproductores

Se emplean estanques de 300 a 1500 m² (Figura 3), debido a que en los últimos años se está dando la tendencia de identificar y separar parejas en áreas que van desde los 300 a 500 m², ya que ello facilita la captura de los alevinos. Se recomienda la construcción de estanques en suelo arcilloso y con una fuente de agua cercana que facilite el recambio por gravedad.

Se sugiere que la profundidad de los estanques destinados al manejo de peces adultos tenga entre 1.2 y 1.5 m, considerando además que el sistema de desagüe que se instale debe permitir la eliminación de las aguas de los estratos más profundos del dique, por ser la que peor calidad tiene (baja oxigenación y acumulación de sustancias tóxicas) de toda la columna de agua.

2.2.2. Alevinaje

El manejo de los alevinos levantados de los estanques de reproducción se puede realizar en diferentes sistemas de cultivo como: artesas de madera revestidas con plástico, acuarios de vidrio, piscinas armables, piscinas inflables, tinas y bandejas plásticas, tanques circulares o cuadrangulares de fibra de vidrio, tanques de concreto revestidos (o no) con mayólicas de entre 50 a 2000 litros de capacidad (Figura 4). Se proporcionarán las mejores condiciones a los peces que permitan realizar una adaptación rápida al consumo de alimento balanceado (Velásquez et al. 2007; Cavero et al. 2003; Souza et al. 2015). Para facilitar el manejo del sistema de cultivo se debe, en lo posible, tener un ingreso y salida de agua para un rápido recambio durante esta etapa de manejo.



Figura 3. Estanques de manejo de paiches reproductores. A) Fundo San Luis (Iquitos). B) Fundo FURIA (Iquitos). C) Fundo Sr. Ernesto Meléndez (Iquitos). D) Estación DIREPRO (Pucallpa). E) Fundo Anllela (Iquitos). F) Fundo Amazon Harvest SAC (Iquitos). Fotos: Fred Chu, Carmen García y Miriam Alvan (IIAP).



Figura 4. Distintas unidades de crianza empleadas en el manejo de alevinos de paiche. Fotos: Fred Chu y Miriam Alvan (IIAP).

De acuerdo al flujo del agua, los sistemas de abastecimiento se pueden dividir en estáticos o continuos. Los sistemas de flujo estático se caracterizan por carecer de un ingreso de agua constante a los sistemas de cultivo, por lo que el recambio total o parcial del agua se realiza manualmente. En el caso de los sistemas con flujo de agua continuo, se dividen en: a) flujo abierto, con ingreso y salida de agua constante, el agua es de un solo uso y no reingresa al sistema y b) flujo cerrado, con recirculación del agua, permitiendo su ingreso y salida mediante bombas que favorecen la reutilización del agua, pasando por un sistema de filtrado previo. A continuación se muestran las ventajas y desventajas de cada sistema:

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los distintos sistemas de manejo de alevinos de paiche en cautiverio.

Sistema	Flujo de agua	Ventajas	Desventajas
Estático	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere energía eléctrica para su funcionamiento. - Menor costo de instalación. - Menor probabilidad de contagio de enfermedades entre unidades. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivo en menores densidades. - Cambios manuales de agua.
Flujo continuo	Abierto	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivo en mayores densidades. - Menor manipulación de los peces. - No requiere energía eléctrica para su funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad de agua variable - Requiere grandes volúmenes de agua de buena calidad.
	Cerrado	<ul style="list-style-type: none"> - Cultivo en mayores densidades - Mejores condiciones del agua - Ahorro de agua - Menor manipulación de los peces 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere energía eléctrica para su funcionamiento. - Mayor costo de instalación. - Mayor complejidad en el funcionamiento. - Mayor probabilidad de contagio de enfermedades entre unidades.

Los diversos sistemas de levante de alevinos descritos, deben ser elegidos según las condiciones existentes en el predio, teniendo en cuenta, además, la capacidad de gasto que el criador pueda realizar.

2.2.3. Engorde

Tradicionalmente, en la etapa de engorde se usan estanques de tierra de diferentes dimensiones, con capacidad entre 1000 a 5000 m², que permita el acceso de vehículos para facilitar la alimentación y la cosecha de los peces. Las jaulas flotantes brindan una atractiva opción para intensificar el cultivo debido a la diversidad de cuerpos de agua donde podrían ser instaladas y larga durabilidad, abriendo nuevos espacios de cultivo antes no considerados. La experiencia obtenida con el uso de jaulas flotantes de 240 m³ en la Laguna Imiría fue muy positiva, facilitando el monitoreo y la manipulación de los peces (Alcántara et al. 2006; Rebaza et al. 2006).

2.3. Reproducción en cautiverio

Si bien el paiche es capaz de reproducirse en condiciones semi-naturales, es decir, en estanques de tierra, los factores ambientales y de manejo, asociados a facilitar la ocurrencia de dichos eventos, no estaban, hasta hace poco, claramente determinados. El desconocimiento de estos factores clave para el logro de la reproducción en cautiverio, resultaba en altas fluctuaciones en la oferta y en un costo prohibitivo de los alevinos y juveniles para el proceso de engorde. Por todo ello, la reproducción es un proceso de vital importancia para el éxito del cultivo de paiche y en esta sección será enfocada paso a paso con la información generada en años recientes, tanto por el IIAP, como por los propios criadores privados.

2.3.1. Conformación del lote de reproductores

Los criterios para la constitución de un lote de reproductores no son los mismos para todas las especies. Primero, es necesario conocer algunas de sus características biológicas y genéticas, como por ejemplo si la especie presenta un ciclo de vida largo o corto, a qué edad alcanza la primera reproducción sexual, si son migrantes o no, y por ende si mantienen o no flujo de genes entre sus poblaciones, entre otros aspectos. Esto nos permitirá tomar las mejores decisiones al momento de establecer nuestro lote de reproductores.

En el caso de especies migradoras como la gamitana *Colossoma macropomum* y el paco *Piaractus brachipomus*, cuyas poblaciones naturales mantienen un flujo genético constante, solamente debemos considerar aspectos relacionados a la variabilidad genética de los reproductores para evitar problemas de consanguinidad.

Para la conformación de un lote de reproductores de paiche es importante constituir parejas conociendo el sexo de cada ejemplar. Hoy, el sexaje puede realizarse de forma fácil en el mismo fundo mediante la utilización de un kit comercial (Núñez et al. 2011b).

En segundo lugar, debemos conocer la procedencia de los especímenes que conformarán los pares reproductores, (si provienen de piscicultura o de ambientes naturales). Si provienen de cautiverio (piscigranjas), es muy probable que estén muy relacionados genéticamente. Si deseamos establecer un lote de reproductores, teniendo como base a ejemplares provenientes de piscicultura, se deberá seleccionar a individuos provenientes de distintos lotes que hayan sido producidos a partir de padres nativos de una misma

cuenca. Nunca se deben establecer parejas de reproductores entre peces hermanos, ya que tienen un alto nivel de parentesco y ocasionaría que nuestra pareja presente problemas de consanguinidad y por consiguiente sus crías tendrán reducida variabilidad genética y baja adaptabilidad y supervivencia (Aho et al. 2006; Lopera-Barrero et al. 2008 Povh et al. 2008); así como la pérdida de caracteres favorables como vigor, viabilidad, fecundidad y resistencia a enfermedades (Ferguson et al. 1995).

Si el lote de reproductores se ha establecido en base a especímenes provenientes de ambientes naturales, debemos tener en consideración los estudios poblacionales desarrollados para esta especie, que señalan una fuerte diferenciación genética y reducido flujo de genes entre sus poblaciones, debido principalmente a que las grandes distancias geográficas y los hábitos no migratorios de esta especie, originaron un aislamiento físico entre las poblaciones por muchas generaciones, trayendo como consecuencia una fuerte diferenciación genética entre ellas (García-Dávila et al. 2011).

Por todo ello, en una primera etapa, se recomienda la conformación del lote de reproductores en base a especímenes provenientes de un mismo cuerpo de agua, o de áreas geográficas muy cercanas dentro de una misma cuenca (mismo río). Esto reducirá las posibilidades de fracaso reproductivo por el cruzamiento de especímenes provenientes de poblaciones muy diferenciadas genéticamente y poco viables reproductivamente entre sí, permitiendo obtener los primeros resultados científicos sobre la domesticación del paiche. Más adelante se podría mezclar adultos de varias poblaciones de manera controlada, usando los primeros resultados como referencia. En todo caso, los linajes se deberían controlar siguiendo los cruzamientos, marcando a cada reproductor con chips y controlando la diversidad genética en el curso de las generaciones sucesivas, con la posibilidad de integrar nuevos reproductores silvestres. Debemos tener cuidado que la

descendencia resultante de estos cruces no escape a los ambientes naturales, porque podrían causar modificaciones genómicas en las poblaciones nativas, perjudicándolas.

2.3.2. Manejo del plantel de reproductores

a) Captura y manipuleo de reproductores

Trabajar con peces que tienen más de 60 kg de peso y 1.8 metros de longitud no es tarea fácil. A pesar de su conocida rusticidad, es necesario realizar una adecuada manipulación de los peces al momento de trasladarlos de un estanque a otro, separarlos en parejas, marcarlos, sexarlos, o simplemente para realizarles el control biométrico y sanitario de rutina. En tal sentido, es importante tener listos todos los materiales necesarios para el manejo, los cuales varían según el objetivo de la faena de pesca. Lo que comúnmente se utiliza en los fundos paichícolas de Iquitos es una hamaca hecha de malla bolichera para transportes cortos y una camilla transportadora, un poco más sofisticada, hecha de lona para transporte en camioneta (Figura 5).

Para realizar labores de extracción de sangre y marcaje con chips se debe utilizar una especie de cama de madera con un colchón de “dunlopillo” humedecido, sobre el cual se deposita al pez para su manipulación, manteniéndolo siempre húmedo con baños de agua del estanque y con un pedazo de tela húmeda sobre la cabeza, cubriendo los ojos para tranquilizar al pez. Considerando que el paiche adulto es un pez de respiración casi eminentemente aérea (Val 1996), que tiene un porte con dimensiones a veces superiores a la talla de un hombre común, y que tiende a saltar por encima de la red durante las faenas de pesca, las labores de captura, manipuleo y transporte de estos animales, deben realizarse con extremo cuidado a fin de garantizar la salud y la vida de los peces, así como la integridad física de los mismos operarios.



Figura 5. Hamacas (A y B) elaboradas a partir de malla utilizadas para traslados cortos (p.e. de un estanque a otro) de paiches adultos. C) Véase que un extremo tiene un aro de hierro por donde se introduce de cabeza al pez y el extremo opuesto posee una sogá que se ata para evitar la fuga. D, E y F) Camilla o transporte especial, elaborada con lona y base de hierro, que sirve para desplazamientos en tramos más distantes, por ejemplo para el traslado de peces a otro fondo. Fotos: Fred Chu (IIAP).

Para la captura de reproductores en estanques de tierra se deben emplear redes de arrastre con malla de tipo bolichera, evitando el uso de redes agalleras. Horas antes de iniciar la faena de pesca, se debe reducir el nivel del agua por debajo de los 80 cm por tres razones: i) posibilitar la visualización de los peces, ii) facilitar un rápido desplazamiento del personal que opera las redes y iii) evitar que los peces mueran por ahogamiento.

En esta tarea es esencial verificar que las personas que manipulan la red no cometan el error de ubicarse detrás o peor aún, dentro de la red, ya que los paiches saltan cuando están cercados, pudiendo causar lesiones a los operarios. Otro aspecto a tomar en cuenta es evitar la captura de muchos peces por lance, ya que en la demora del traslado se incrementa el riesgo de perder a animales por ahogamiento. En tal sentido, capturar y manipular entre dos a cuatro peces por vez sería lo más recomendable.

Una vez capturados en las redes, se procede a embolsar cada pez dentro de las hamacas de malla bolichera y transportarlos rápidamente a los nuevos estanques de destino, a la camilla de transporte o a la cama de trabajo para su manipulación (sexaje, marcaje, biometría, etc.), según sea la finalidad de la faena. En este paso los operadores de la hamaca deben tener sumo cuidado para no exponer al pez a una caída que pueda lesionarlo y causarle la muerte, así como para evitar coletazos y movimientos bruscos del pez que puedan causar lesiones al personal que manipula la hamaca (Figura 6).

b) Marcaje de los reproductores

La marcación individual de cada reproductor, permite registrar y monitorear datos importantes, tales como: la identificación individual del pez, su edad, sexo, crecimiento en peso y longitud, la cuenca o fundo piscícola de origen, el desempeño reproductivo, enfermedades, y otras que puedan ser útiles para un manejo eficiente del plantel. Todo



Figura 6. Imágenes de faenas de captura de paiches. A, B y C) Captura de reproductores en distintos fondos del eje carretero Iquitos-Nauta usando redes de arrastre. D, E y F) Traslado de paiches reproductores en hamacas hechas de malla. G) Cama de madera y dunlopillo para manipulación, monitoreo biométrico y extracción de sangre. Fotos: Miriam Alvan y Fred Chu (IIAP).

ello es aún más importante, si consideramos el alto costo que implica el mantenimiento de un plantel de reproductores de esta especie. Con el marcaje se pueden identificar a los individuos con mejor desempeño reproductivo y descartar aquellos de baja o nula producción.

Hoy existen tecnologías para que el criador rural realice este monitoreo a un costo cada vez más accesible. Hace más de una década, el IIAP introdujo el uso de microchips electromagnéticos, conocidos en inglés como PIT tags, como implantes intramusculares para la identificación individual de cada ejemplar que conformaba el lote de reproductores de paiche del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra (CIFAB) de Quistococha (Chu-Koo et al. 2006b) y actualmente se ha convertido en el método de marcaje individual más empleado en los fundos piscícolas privados de los departamentos de Loreto y Ucayali. Para la correcta aplicación del chip se debe seleccionar una zona específica del cuerpo del pez, la misma que puede variar de acuerdo al criterio de cada criador. En el IIAP se implanta el chip en la zona dorso-lateral del pez, localizada entre la cabeza y la aleta dorsal, retirando primero una de las escamas para facilitar la entrada de la aguja de aplicación del chip a nivel intramuscular e inmediatamente se procede a la lectura del mismo con el lector universal para confirmar el código (Figura 7). Después de implantado el chip, se esparce un baño de agua salada encima de la zona afectada antes de devolver el pez a su respectiva unidad de manejo.

La información de cada chip se visualiza a través de un equipo lector que funciona con baterías, cuyo valor varía conforme el modelo y la marca del fabricante (oscila entre S/. 700 a S/. 3000 soles). El criador debe tener en cuenta que es importante comprar un modelo de lector que sea capaz de leer un amplio rango de microchips (lector universal). Los lectores universales son los equipos más baratos en el mercado.



Figura 7. Procedimiento de marcaje de un paiche. A) Se inmoviliza al pez en una camilla especial con dunlopillo. B) Se retira una escama como paso previo a la implantación del chip electromagnético. C) Lector de chips y jeringa de inserción. D) Chips electromagnéticos de dos tamaños distintos. E) Inserción intramuscular del chip. F) Identificación individual de un ejemplar a través de la lectura del chip electromagnético implantado. Fotos: Luciano Rodríguez, Kevin Ruiz y Fred Chu (IIAP).

La desventaja de este método es que si el chip es introducido muy superficialmente tiende a ser expulsado por el propio movimiento y contracciones musculares del pez. Asimismo, si introducimos en zonas como la cavidad abdominal podemos tener dificultades en la ubicación y lectura, puesto que el chip corre el riesgo de desplazarse a otro lugar dentro de la propia cavidad. Sin embargo, la principal desventaja de esta técnica recae en el plazo de vida útil del chip (varía entre 4 a 5 años), impase que puede ser solucionado, llevando un adecuado control de la base de datos e implantar uno nuevo antes de la fecha de su caducidad, registrándolo en la planilla. De este modo se previene una posible pérdida de información.

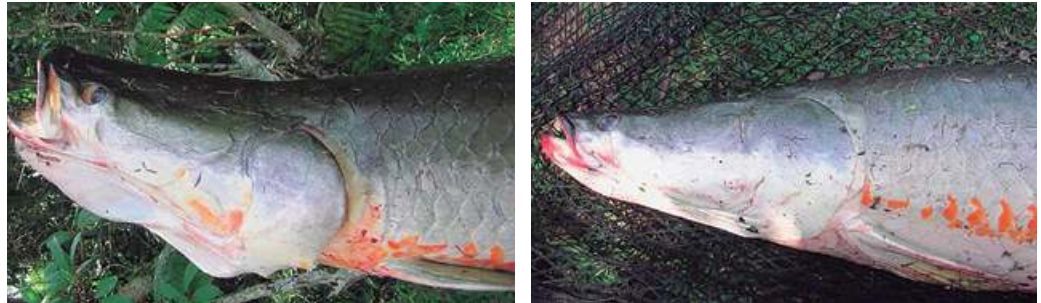
c) Sexaje de los reproductores

Para el manejo de reproductores en cautiverio no hay caracteres externos lo suficientemente confiables para determinar el género en esta especie. Esta limitante, junto a la baja fecundidad de la especie, puede afectar el manejo de los reproductores en condiciones de confinamiento. En este sentido, el sexaje es un factor clave que, junto al marcaje, ayuda a un manejo más eficiente del plantel de reproductores. Un plantel donde cada individuo ha sido marcado y sexado, permite emplear diversas estrategias de combinación para la formación de parejas. Existen varios métodos eficientes para el sexaje de paiche, unos más prácticos que otros, pero todos ellos con ventajas y desventajas en su aplicación. Depende del criador escoger el método que mejor le convenga o aquel que más se adecúe a sus posibilidades.

c.1. Método del patrón de coloración

Tradicionalmente en los fundos piscícolas esta labor se realiza mediante el procedimiento de identificación de sexos por la presencia de ciertos patrones de coloración en la zona lateral de la cabeza y el cuerpo. Esta técnica implica verificar la existencia de una especie de franja de coloración rojiza-anaranjada que se origina en la zona lateral de la cabeza, desde la base de la boca, que pasa por el opérculo y se extiende por el cuerpo del pez. Si este patrón de coloración se presenta en un determinado individuo, se asume que éste pertenece al sexo masculino, caso contrario, ante la ausencia de esta franja rojiza en el rostro, se asume que el ejemplar es una hembra (Figura 8).

Figura 8. Supuestos ejemplares macho (izq.) y hembra (der.), mostrando el patrón de coloración que los distinguiría. Fotos: Jesús Núñez (IRD).



Es un método práctico, de bajo costo y válido en fundos piscícolas que carecen de otras opciones.

Sin embargo, la eficacia de este método viene siendo cuestionada por años en Brasil (Lima 2000; Rebelatto et al. 2015), ya que el patrón de coloración varía por diversos factores, pudiendo inducir a errores. Entre los factores mencionados destacan los

siguientes: i) la variación en el patrón de coloración existente entre ejemplares de la misma edad y consanguinidad (hermanos), ii) la existencia de variación en el patrón de coloración existente entre ejemplares de cuencas distintas o de fondos piscícolas distintos, iii) la variación en los perfiles hormonales del paiche durante el período reproductivo; cuando el patrón de coloración se mantiene algo estable luego de la primera maduración. A pesar que el método no es del todo confiable, un estudio realizado por (Monteiro *et al.* 2010) mostró que el margen de error es menor cuando la persona encargada del sexaje está bien entrenada en la técnica y se trabaja con peces adultos de la misma cuenca y edad.

Otros métodos recientemente probados implican el uso de equipos más sofisticados. Entre ellos tenemos la identificación de sexo por ultrasonografía, endoscopia laparoscópica y los métodos bioquímicos o inmuno-enzimáticos.

c.2. Sexaje con uso de ultrasonografía

El uso de ondas de ultrasonido, visualizadas por medio de un equipo de ecografía, es un método exitoso de sexaje, empleado, por ejemplo, en peces como el esturión y el pez espátula. En el 2004, investigadores del IIAP realizaron pruebas empleando un ecógrafo, teniendo poca fortuna en aquel momento. Ocho años después, en Brasil, Carreiro *et al.* (2012) demostraron la viabilidad de esta técnica no invasiva en la efectiva identificación del sexo en paiches adultos, destacando que el éxito depende de la calidad del equipo.

Si bien, el uso de esta técnica es eficiente en otros peces, en el caso del paiche subsisten ciertas limitantes puestas en evidencia por Lima *et al.* (2015): a) el paiche tiene escamas gruesas que de cierta forma reflejan las ondas de sonido y dificultan la obtención de imágenes de calidad, b) los paiches solo tienen una gónada funcional



Figura 9. Proceso de determinación de sexo de un paiche adulto usando la técnica de la ultrasonografía (ecografía).
Foto: Fernando Alcántara (IIAP).

(localizada en el lado izquierdo) que está posicionada debajo de la vejiga gaseosa, que por estar repleta de aire, actúa negativamente reflejando las ondas sonoras y afectando la calidad de las imágenes obtenidas. Además, para el empleo de esta técnica se necesita obligatoriamente la participación de personal altamente calificado, lo que demanda un costo extra. Por último, esta técnica exige que el pez sea anestesiado, lo cual es un proceso un tanto complicado porque el paiche tiene respiración mayormente aérea, no existiendo protocolos de sedación validados para esta especie, pudiendo poner en riesgo la vida del animal (Lima et al. 2015).

c.3. Sexaje con el uso de endoscopia

Este método fue evaluado en Brasil por Carreiro et al. (2012). Se somete al pez a una cirugía menor donde por medio de una incisión ventral se introduce un catéter —al cual se le ha adaptado una cámara— dentro de la cavidad peritoneal con el objetivo de ver la gónada. Si bien, la observación directa de la gónada permite un sexaje seguro, éste método obliga a someter al pez a una anestesia profunda y a una cirugía invasiva, que puede ocasionar la muerte. Además, se realiza una manipulación excesiva de los animales hasta que el operador pueda detectar la gónada.

c.4. Métodos bioquímicos

A la fecha, existen tres métodos bioquímicos para el sexaje del paiche. El primero implica la determinación de una relación entre los niveles sanguíneos de dos esteroides sexuales, 11-ketotestosterona y 17- β -estradiol, mediante el uso de kits comercializados por la empresa Cayman Chemicals©. Los esteroides sexuales son hormonas producidas

en las gónadas de machos y hembras y sus concentraciones en el torrente sanguíneo varían de acuerdo al sexo, edad y al estado del ciclo reproductivo de los peces.

El IIAP y el IRD de Francia demostraron la factibilidad del uso de esta técnica en el sexaje de ejemplares adultos y juveniles (Chu-Koo et al. 2009) con 100% de eficacia. La desventaja es que los kits son caros y no se encuentran en el mercado local, teniendo la necesidad de importarlos y desaduanarlos, con la muy posible pérdida de la validez del kit, que necesita estar refrigerado todo el tiempo. Además, requiere equipos de laboratorio para el proceso y un lector de placas que no está disponible para un piscicultor rural.

El segundo método, desarrollado por el IIAP y el IRD (Chu-Koo et al. 2009), implica el uso de un protocolo ELISA para detectar la vitelogenina en la sangre del pez. La vitelogenina es una fosfolipoproteína sintetizada solamente en el hígado de las hembras en proceso de maduración, la misma que es transportada por la sangre y acumulada en forma de vitelo en los ovocitos durante la vitelogénesis, conformando más del 80% del vitelo de los óvulos. La vitelogenina está ausente en la sangre del macho y de los peces inmaduros (hembras o machos) por lo que su detección en la sangre de un pez indica de manera segura la presencia de una hembra. Ésta especificidad de género en peces sexualmente maduros hace que este método sea válido únicamente en adultos.

Para esta prueba es necesario capturar al pez, marcarlo con un chip y extraerle entre 1.5 a 2 ml de sangre de la vena caudal (Figura 10). La sangre es depositada en un tubo Eppendorff al cual se le agregan un par de gotas de heparina para evitar la coagulación. Inmediatamente después de etiquetar el tubo con el código asignado al pez, se coloca en hielo dentro de un cooler. En el laboratorio, la sangre es centrifugada

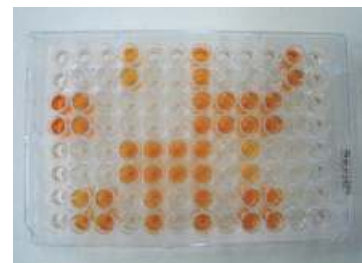


Figura 10. Extracción de sangre de la vena caudal de un paiche, procesamiento en laboratorio y resultado del sexaje con la revelación y cuantificación de la presencia de vitelogenina en placas ELISA. Fotos: Kevin Ruiz y Miriam Alvan (IIAP).

para obtener el plasma, el mismo que debe permanecer en congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis.

El procedimiento ELISA tiene una duración de 36 a 48 horas y se realiza íntegramente en un laboratorio equipado con vórtex, baño maría, congeladores y lector de placas, así como reactivos, enzimas, anticuerpos, placas y soluciones tampón. Al ser una prueba ELISA, todas las muestras son sometidas a sucesivos procesos de dilución, incubación con anticuerpos y enzimas y lavados hasta que la presencia de VTG es finalmente revelada.

Este método ha probado su eficacia y ha sido validado en la comunidad científica internacional (Chu-Koo et al. 2009), sin embargo, se recomienda a los operadores de campo tener extremo cuidado al momento de codificar los tubos empleados en la colecta de sangre y a los laboratoristas durante la codificación de las placas en la fases de incubación y dilución en laboratorio, para evitar cualquier confusión en la identificación de las muestras que luego puedan derivar en resultados incorrectos.

Hoy existe un kit comercial para sexaje de paiche, desarrollado por la empresa francesa Skuldtech, que simplifica los procedimientos reportados por Chu-Koo et al. (2009). Este kit se usa en campo, no necesita el acompañamiento de equipos, dando el diagnóstico de la presencia o ausencia de vitelogenina en apenas 3.5 horas, reduciendo al mínimo el margen de error humano (<http://www.diag4zoo.com/diagnostics,arapaima-gigas-sexing.html>).

Por lo simple de su procedimiento, este tercer método viene siendo utilizado con éxito en estaciones de investigación del EMBRAPA y fundos piscícolas privados de siete estados del Brasil (Lima et al. 2015; SEBRAE 2013; Silva et al. 2015). Aunque hay varias versiones, el kit estándar puede ser utilizado para sexar 24 peces (Figura 11).



Figura 11. Proceso de sexaje de paiche usando el Kit de sexaje rápido elaborado y comercializado por la empresa Skuldtech. A) Extracción de sangre de la vena caudal. B) Almacenamiento de la sangre en tubo Eppendorff. C) Kit de sexaje rápido. D) Resultado del sexaje rápido. Foto: Jesús Núñez (IRD).

Para usar el kit se necesita extraer una muestra de sangre del paiche adulto cuyo sexo necesita ser identificado y luego seguir al pie de la letra las indicaciones del fabricante, descritas en el Manual de Instrucción del Kit, hasta obtener los resultados. La principal desventaja es que la vida útil del kit es de tres meses, por lo que se recomienda preparar una rápida logística de importación y no prolongar en demasía su tiempo de uso.

A la fecha de la publicación de este manual, se conoce que el kit se encuentra disponible para su adquisición en el Perú, siendo la empresa limeña “Animal Chip Identificación”, la única distribuidora del producto. Caso contrario, los clientes interesados deben importarlo directamente de Francia.

2.3.3. Formación de parejas y densidad de manejo de reproductores

Antes de la existencia de las tecnologías de sexado y marcaje, el manejo tradicional de reproductores en los fundos paichícolas consistía en la formación de parejas al azar, es decir, mantener tantos ejemplares como sea posible (de acuerdo a la capacidad

económica del criador y espacio de crianza disponible en el fundo), sin conocimiento certero de la proporción sexual del plantel, edad de los peces, grado de parentesco, ni del desempeño reproductivo de cada ejemplar. Aunque tener un alto número de peces en un mismo ambiente favorece la formación natural de parejas, esto implica un alto costo de mantenimiento y origina muertes innecesarias por disputas territoriales que ocurren cuando una pareja formada construye el nido y ejerce una defensa de su territorio contra peces extraños. Situación reportada en fundos peruanos, colombianos y brasileños.

En la actualidad, el manejo de reproductores se torna más fácil una vez que cada individuo ha sido marcado y sexado. Con esa información, el criador puede emplear el método de emparejamiento que mejor le resulte. Existen tres métodos:

- a. **Simple:** Cuando, el productor separa arbitrariamente una pareja en un estanque que puede variar entre los 400 a 1000 m².
- b. **Mixto:** Cuando el productor separa arbitrariamente 2 hembras y un macho o lo contrario, 2 machos por hembra, considerando casi siempre un mínimo de espacio de 200 m² por pez.
- c. **Combinado:** Resulta de la combinación de los métodos aleatorio y simple. Se inicia el manejo colocando a los reproductores en estanques grandes hasta que se detecte la formación de una o más parejas. Una vez formadas las parejas, éstas son separadas en estanques individuales más pequeños (400 a 1000 m²). Eventualmente se formarán nuevas parejas que también serán separadas, aumentando la eficiencia reproductiva del plantel.

En todos los casos se deben emparejar peces adultos. En los estanques donde hayan sido sembrados más de 2 peces (método mixto), se debe retirar al pez sobrante una vez

se compruebe la formación de una pareja, para evitar peleas que puedan derivar en muerte.

La eficacia de cada método varía. Por ejemplo, Erwin Fernández y Alberto Vásquez, dos de los principales productores de alevinos en el eje carretero Iquitos – Nauta (Loreto), trabajan emparejando (1:1) animales marcados y sexados con excelentes resultados pues la producción de ambos fondos se incrementó significativamente entre 2008 y 2015. De modo similar, en Rondonia (Brasil), Silva et al. (2015) manejaron 35 parejas sexadas con el kit de Skuldtech en igual número de estanques de 350 a 2000 m², registrando eventos reproductivos en 11 parejas. En ese grupo, observaron que una hembra desovó tres veces, dos hembras desovaron cinco veces y una hembra desovó hasta ocho veces al año, elevando la producción desde 27 mil en el 2013 a 175 mil alevinos en el 2015.

Un estudio realizado por Navas & Reyes (2014), mostró mejores resultados cuando los reproductores fueron mantenidos en un sex ratio de 2:1 (dos machos: 1 hembra) en un estanque de 1000 m² y ello podría deberse a que es justamente la hembra la que toma la iniciativa en la selección del compañero (Silva et al. (2015) y al haber dos machos se duplican las posibilidades de que al menos uno de ellos esté en mejor sincronía reproductiva que el otro. Además existen evidencias recientemente descubiertas de poligamia en esta especie (Farias et al. 2015). En estos casos, es recomendable utilizar estanques mayores a 1000 m² para garantizar espacio suficiente para el escape del macho restante. El método simple implica mantener a las parejas formadas separadas permanentemente del resto del plantel de reproductores, porque a largo plazo este aislamiento favorece la continua producción de alevinos durante ciclos seguidos.

Una vez decidido el tipo de emparejamiento, debemos capturar a los individuos, acondicionarlos, registrar los datos en las fichas de seguimiento, proceder al manejo de la

alimentación y llegado el momento, registrar los eventos reproductivos que se produzcan en el fundo. Si bien es cierto que contamos con herramientas que facilitan el manejo de los reproductores, ello de por sí no garantiza la ocurrencia de eventos reproductivos en un plantel, ya que éstos también dependen de factores fisiológicos tales como la sincronización de la ovogénesis con la espermatogénesis (Lima et al. 2015), o ambientales tales como la conductividad eléctrica (Alberto Vásquez, comunicación personal), el fotoperiodo, la precipitación pluvial, así como la alimentación de los reproductores (Núñez et al. 2011). La densidad de manejo de reproductores más apropiada es de 1 pez/200 m².

2.3.4. Aspectos sanitarios

Contrario a lo que se imagina, los paiches adultos son atacados por una serie de agentes patógenos externos como internos (ectoparásitos y endoparásitos), por lo que el aspecto sanitario es de extrema importancia en el manejo. La aparición de patógenos está íntimamente ligada a una depresión del sistema inmune del pez, inadecuada alimentación y nutrición, así como al estrés provocado por condiciones ambientales adversas; siendo esencial proveer a los reproductores de dietas balanceadas de alta calidad, evitando el uso de peces forraje (transportan enfermedades del medio natural) y brindando ambientes adecuados de crianza en lo referente a calidad de agua.

Para detectar cualquier enfermedad, Lima et al. (2015) recomiendan realizar una periódica evaluación de los peces durante la crianza, identificando posibles señales de infestación como: presencia de ectoparásitos, heridas, nado errático, úlceras, quistes, inapetencia, cambios en la coloración, áreas inflamadas, cambios en el comportamiento, etc. en zonas como la cabeza, parte interna de los opérculos, branquias, ojos, zona dorsal y ventral del cuerpo, aletas y región urogenital.

Los ectoparásitos más frecuentes reportados en paiches adultos son los siguientes:

- a. *Dawestrema cycloancistrioides*, *Dawestrema cycloancistrum* y *D. punctatum* (Monogenea).
- b. *Trichodina heterodentata* y *Trichodina* sp. (Protozoa)
- c. *Ergasilus* sp. (Copepoda)
- d. *Argulus* sp., *Dolops* sp. y *D. discoidalis* (Branchiura)

Las principales zonas de infestación de estos parásitos son las branquias, piel, superficie del cuerpo, narinas y parte interna de los opérculos.

Los endoparásitos más frecuentes reportados en paiches adultos son los siguientes:

- a. *Caballerotrema arapaimense*, *C. piscicola* y *C. brasiliense*, *Nesolecithus janicki* y *Shizochœrus ligulideus* (Digenea)
- b. *Nilonema senticosum*, *Goezia spinulosa*, *Rumai rumai*, *Camallanus tridentatus*, *Procamallanus inopitatus*, *P. rarus*, *Terranova serrata*, *Gnatostoma gracilis*, *Capillostrongyloides arapaimae* y *Hysterothylacium* sp. (Nematoda).
- c. *Polyacanthorhynchus macrorhynchus* y *P. rhopalorhynchus* (Acantocephala)
- d. *Henneguya arapaima* (Myxozoa)

Las principales zonas de infestación de los digeneos y acantocéfalos son por lo general la cavidad abdominal e intestinos, mientras que los nemátodos están presentes en secciones del tracto gastrointestinal como boca, lengua, opérculo, branquias, intestinos, estómago, ciegos pilóricos y hasta la vejiga gaseosa. Por su parte, los mixozoarios atacan principalmente las branquias y la vejiga gaseosa.

Las personas que deseen profundizar más en los aspectos sanitarios y la identificación de parásitos del paiche pueden consultar una serie de publicaciones disponibles actualmente

(Andrade-Porto et al. 2015; Bonar et al. 2006; Eiras et al. 2010; Feijó et al. 2008; Gomes et al. 2006; Mathews et al. 2007a, Mathews et al. 2007b; Menezes et al. 2011; Miranda et al. 2012; Moravec et al. 2006; Santos & Moravec 2009; Santos et al. 2008; Thatcher 2006).

2.3.5. Aspectos alimenticios

En los fondos piscícolas de la Amazonía peruana, los reproductores son alimentados mayormente con pescado fresco o fresco-congelado, enteros o cortados en trozos, que son adquiridos de los descartes provenientes de mercados locales y terminales de desembarque pesquero. La tasa de alimentación empleada varía entre 1 a 3% de la biomasa de paiche presente en cada estanque y la frecuencia de oferta del alimento puede ser diaria o inter diaria. Esta práctica favorece una buena nutrición del plantel de reproductores, al proveerles periódicamente una fuente alimenticia que cubre sus necesidades nutricionales.

Otra estrategia alimentaria empleada es el uso de “peces forraje”, conjunto de peces de pequeño y mediano porte que son adquiridos de acopiadores y sembrados en los estanques de manejo de reproductores donde sirven de presa. Los peces forraje sirven, bien como complemento alimenticio, bien como única fuente de alimentos. En selva baja, el forraje utilizado se compone de varias especies como los bujurquís, mojaritas, sardinas, yaraquí, lisas, boquichico, yullillas, ractacaras, entre otras; mientras que en selva alta, el uso de variedades de tilapia es la práctica predominante. Las principales desventajas son: i) la constante dependencia de abastecimiento de peces del medio natural, que contraviene las normas legales vigentes, ii) la posible introducción de enfermedades transportadas por los peces forraje, iii) la competencia por el alimento balanceado y iv) la depredación de huevos y larvas de paiche ejercida por peces forraje de régimen omnívoro (palometa,

sábalo, etc.) o carnívoro (pirañas, añashua, fasaco, etc.), con las consecuentes pérdidas económicas para el paichicultor.

A pesar de ser una práctica reciente, varios paichicultores de las regiones Loreto y Ucayali utilizan dietas comerciales extrusadas (35 a 40% de PB) en la alimentación de sus peces. En estos casos, el diámetro de los pellets varían entre 20 a 30 mm y la tasa de alimentación empleada no supera el 1% de la biomasa de paiches existente al día. La ventaja del uso de dietas comerciales radica en el mayor tiempo de almacenamiento, permite un mejor control de la ingesta de alimento y no acarrea riesgos de transmisión de enfermedades (Rodrigues et al. 2015). Las desventajas más visibles son el precio y que aún no se ha estudiado a detalle las exigencias nutricionales de los paiches adultos, por lo que no se puede asumir que las dietas extrusadas comerciales cubren satisfactoriamente las necesidades proteicas, energéticas, de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas.

En resumen, un adecuado manejo alimentario supone ofertar alimento una vez al día siempre en horario exacto, de ser posible hasta seis días a la semana, usando pescado fresco-congelado, entero o en trozos provenientes de acuicultura, o en su defecto, dietas comerciales (de mínimo 20 mm de diámetro del pellet) con tenores proteicos no menores de 35%. Evitar en lo posible usar peces vivos, al acarrear los riesgos arriba citados, además de estar prohibida por ley. La tasa de alimentación en cualquier caso no debe superar el 3% de su peso diario (3% en los meses previos al inicio del periodo de mayor frecuencia reproductiva (julio-setiembre), 2% durante los meses de reproducción (noviembre-marzo) y de 1 - 1.5% en los meses post-periodo reproductivo (abril-junio).

2.3.6. Calidad de agua

El monitoreo de la calidad física y química del agua de los estanques de manejo de reproductores debe ser una práctica rutinaria en toda empresa o finca dedicada al manejo de paiche. Parámetros tales como los niveles de compuestos nitrogenados (amonio, nitritos y nitratos), pH, conductividad eléctrica, transparencia, temperatura y oxígeno disuelto deben mantenerse en rangos que permitan un adecuado ecosistema acuático para los peces, garanticen un ambiente propicio para la reproducción y sean ideales para la búsqueda de alimento por parte de las crías.

Un estanque para reproductores debe tener las siguientes características de calidad de agua:

Tabla 2. Rangos adecuados y óptimos de calidad de agua para el manejo de paiches adultos.			
Parámetro (unidades)	Naturaleza	Rango adecuado	Rango óptimo
Temperatura (°C)	Física	25 - 31	27 - 29
Oxígeno disuelto (mg/L)	Química	4 - 7	> 5
Profundidad columna agua (m)	Física	0.8 - 1.8	1.2 - 1.5
Transparencia (cm)	Física	30 - 60	40 - 45
Amonio (mg/L)	Química	<0.05	<0.02
Nitritos (mg/L)	Química	<0.05	Ausente
Conductividad eléctrica (μS/cm ²)	Física	10 - 60	25 - 40
pH (upH)	Química	5 - 8	6 - 7

2.3.7. Características de la reproducción del paiche en cautiverio

Si un fundo alberga peces con edades mayores a los 5 años y peso superior a los 60 kg, bien alimentados, con suficiente espacio vital (200 m²/pez), criados en estanques de 0.8 a 1.5 m de profundidad media, de aguas con alta productividad zooplanctónica y oxígeno disuelto mayor a 3 mg/L, es muy probable que en cualquier momento en ella se observe un cambio en el comportamiento de los peces, registrándose coletazos en la superficie del agua y un nado casi sincronizado entre macho y hembra, signo inequívoco del cortejo nupcial en esta especie.

Si a ello se suman periodos de lluvias frecuentes que elevan el nivel de las aguas y nubosidades que provocan un leve descenso en la intensidad luminosa (Núñez et al. 2011a), con seguridad esto dará paso a la formación de una o más parejas, la construcción de nidos, delimitación y defensa de territorios, desoves y producción de crías. La separación de parejas en estanques individuales (aplicación del método simple) entre dos a cuatro semanas previos a la época natural de mayor frecuencia reproductiva (octubre-marzo), puede acelerar este proceso, como ya fue observado en fundos brasileños (Rebelatto et al. 2015, Silva et al. 2015) y peruanos (Erwin Fernández, *comunicación personal*).

A continuación, se describe el comportamiento reproductivo de esta especie, observado en condiciones de cautiverio en estaciones experimentales y fundos de Iquitos y Pucallpa. Esta cadena de sucesos inicia con el i) emparejamiento, cortejo nupcial y delimitación del territorio, continúa con ii) la construcción del nido, iii) el desove, fertilización y eclosión de los huevos y finaliza con iv) la protección parental de las crías.

a. Emparejamiento, cortejo nupcial y delimitación del territorio reproductivo. Es la primera etapa del comportamiento reproductivo del paiche. En este periodo, se puede observar una aparente inapetencia en los peces. Luego, dos individuos empiezan a desplazarse

juntos lentamente por el estanque, realizando uno de ellos (el macho) movimientos envolventes (circulares) alrededor de la hembra, periódicamente. En esta etapa, la coloración del cuerpo del macho se intensifica, adquiriendo un tono rojizo – anaranjado muy intenso desde la región baso-lateral de la cabeza, iniciándose desde la boca y extendiéndose como una franja por las escamas ventro-laterales del cuerpo.

Una vez establecida la pareja, realiza saltos sobre la superficie, golpeando fuertemente el agua con las aletas caudales, señal inequívoca de que la pareja está delimitando su territorio con fines reproductivos. En esta etapa, se pueden registrar peleas con peces extraños que llegan a causar lesiones e incluso la muerte de algún ejemplar, si es que hubiera más de dos individuos dentro del estanque. Si el estanque es pequeño y no proporciona espacio para la fuga, lo más recomendable es trasladar a los peces sobrantes a otra área de manejo. Obviamente, esto no sucede en los fondos piscícolas donde se maneja exclusivamente una pareja por estanque.

b) Construcción del nido. Concluida la fase de cortejo nupcial y una vez delimitado el territorio, la pareja se mantiene y desplaza casi exclusivamente en esa zona del estanque, dando inicio a la siguiente etapa: la construcción del nido. Aquí, la pareja identifica en una zona generalmente somera del estanque (entre 50 a 100 cm de profundidad), de preferencia sobre suelo arcilloso o areno-arcilloso, libre de fango y vegetación acuática sumergida, un lugar propicio para ese fin.

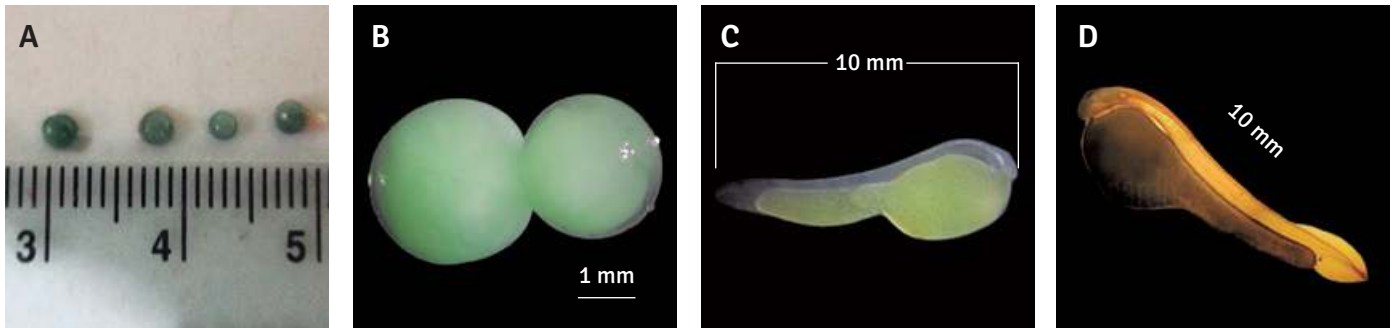
De allí en adelante, el macho usa la boca y la parte anterior de la cabeza para excavar un hueco de 40 a 60 cm de diámetro y 15 a 20 cm de profundidad en el fondo del estanque, que servirá como nido para los huevos de la pareja. En esta etapa es común ver al macho con la cabeza inclinada en dirección al fondo del estanque, realizando la labor antes mencionada. Asimismo, algunos autores reportan la construcción de una

especie de zanja de 0.8 a 1.2 metros de longitud al lado del nido, lo que constituiría un tipo de “cama” (Saavedra y Collado 2016) donde los adultos hipotéticamente se intercalan en el cuidado del nido, posándose sobre dicha zanja.

- c) **Desove, fertilización y eclosión.** Una vez construido el nido, la hembra deposita los ovocitos, siendo fertilizados seguidamente por el semen del macho. Una vez fertilizados, los adultos oxigenan los huevos con sus aletas caudales por un periodo de 18 a 24 horas (Saavedra y Collado 2016), para asegurar un adecuado desarrollo embrionario. Si bien, el paiche en la mayor parte de su vida no depende del oxígeno disuelto en el agua, sí es altamente dependiente en sus primeros días de vida, por tanto, la demanda de oxígeno es un factor crítico en las etapas iniciales, cuando aún no han desarrollado la capacidad de respiración aérea. Es por eso que el nivel de oxígeno disuelto en los estanques de reproductores debe mantenerse en niveles por encima de 4 mg/L, para garantizar un óptimo desarrollo embrionario y larvario. El hecho de que los paiches construyan sus nidos en lugares someros y libres de fango, parece ser una especie de

Figura 12. A) Ovario de un paiche hembra dentro de la cavidad abdominal. B) Ovario de paiche extraído de la cavidad. C) Huevos fecundados de paiche obtenidos de un nido en el IIAP Ucayali. Fotos: Fred Chu y Carmela Rebaza (IIAP).





información incorporada en su *chip genético* que intrínsecamente les indica que ése es un modo de evitar exponer a los huevos, embriones y larvas, a ambientes con baja disponibilidad de oxígeno y alta concentración de compuestos tóxicos como el amonio y el H₂S, respectivamente.

Si bien, no se ha determinado con exactitud, aparentemente la eclosión sucede entre los 4 a 5 días post-fertilización. En esta etapa, la zona dorsal del adulto macho se vuelve oscura en su totalidad, a fin de brindar camuflaje a las crías. Según datos de Saavedra y Collado (2016), el número de larvas recién eclosionadas puede llegar a los 10 mil ejemplares. Las larvas tienen respiración eminentemente acuática y se mueven siempre adheridas al dorso del padre, formando una especie de mancha que, a simple vista, presenta un aspecto gelatinoso sobre la cabeza del macho. En esta etapa, las larvas no se separan nunca del padre y emergen a la superficie a los 5 a 6 días post-eclosión (9 a 11 días post-fertilización), una vez que han reabsorbido por completo el saco vitelino, han completado la formación del sistema digestivo (Darias et al. 2016) y desarrollado la capacidad de respirar aire atmosférico, siendo considerados desde ese momento como alevinos (1.75 a 2.0 cm de talla, aproximadamente).

Figura 13. A) Óvulos de paiche. B) Huevos fecundados. C) Larva de paiche de 24 h post-eclosión (9 a 10 mm). D) Larva de paiche de 48 horas post-eclosión (10 mm). Nota: Larvas obtenidas por incubación de huevos en sistemas de recirculación en Iquitos. Fotos: Leonardo Dávila y Kevin Ruiz (IIAP).

d) **Protección parental de las crías.** Al ser una especie de baja fecundidad, el paiche presenta una estrategia reproductiva del tipo K. Por eso protegen sus crías hasta por un periodo de tres meses (Rebaza et al. 1999), cuando los alevinos se alejan definitivamente del padre. Crossa et al. (2003) reportan, sin embargo, que el cuidado parental puede extenderse hasta los cinco meses en cuerpos de agua con baja incidencia de depredadores para las crías. En piscicultura, no obstante, los alevinos son cosechados (levantados) entre la primera y la tercera semana post-emersión de los alevinos a la superficie (1.5 a 4 cm de longitud total), para garantizar un mayor porcentaje de sobrevivencia de crías. Reportes de criadores privados y experiencias registradas en las estaciones del IIAP en Loreto y Ucayali, indican pérdidas que varían entre 60 y 100% del cardumen entre la quinta y octava semana post-emersión. De modo que mientras más temprano se realice el levante, mayor será el número de crías levantadas. Hace diez años, la talla promedio de levante de los alevinos era de 10 a 12 cm, ya que se desconocían los métodos de manejo de la pre-cría que se practican hoy y que han permitido que levanten crías desde los 2 cm.

2.3.8. Registro del desempeño reproductivo

En piscicultura, como en cualquier actividad productiva, es de suma importancia llevar un control preciso de la producción de crías. Esto se torna de mayor relevancia cuando cada cría puede alcanzar precios que varían entre 1 y 2 dólares en el mercado local. Identificar a los individuos y parejas más prolíficas de un plantel, permite realizar un fino proceso de domesticación y selección de líneas de individuos con características altamente deseables para la reproducción. Llevar un registro de cada ejemplar, permite identificar por ejemplo, la cantidad de veces que una pareja produce crías en un

determinado periodo de tiempo, la cantidad de crías que producen por año, de donde provienen (cuenca o fundo piscícola), el control biométrico de cada individuo, etc.

Para ello, en cada fundo, los paichicultores responsables del manejo del plantel de reproductores deben emplear al menos tres tipos de fichas de toma de datos: i) la primera, donde se pueda registrar datos sobre el origen, pedigrí, edad o la fecha de compra, sexo, ii) la segunda, para registrar la evolución biométrica, alimentación, aspectos sanitarios y comportamiento de cada reproductor y iii) la tercera, donde se anoten los datos del desempeño reproductivo de cada pareja, considerando los siguientes ítems: número o código del estanque, números de chip de la pareja, fecha de siembra en el estanque, longitud y peso, fecha de avistamiento de crías, fecha de levante de crías, número de crías levantadas, número de crías sobrevivientes, tasa de sobrevivencia de crías, número de crías vendidas y el destino de las crías (ver Fichas A, B y C en anexos).

Es de gran ayuda un adecuado control y gestión de datos del plantel de reproductores cuando llega el momento de conformar las parejas. La identificación individual, mediante el uso de chips y el manejo de la información del plantel, nos alerta por ejemplo del emparejamiento de peces que comparten un mismo origen genético (evitando la endogamia) y permite establecer las posibles relaciones de parentesco o consanguinidad sin necesidad de realizar costosos análisis genéticos (Lima et al. 2015).

2.4. Tecnologías para el manejo de crías de paiche

Una vez ocurrido un evento reproductivo, se da inicio a dos fases bien definidas: i) una administrativa, cuyo propósito es gestionar la documentación necesaria para el cumplimiento de la legislación nacional sobre el recurso paiche, y ii) otra estrictamente de manejo, cuyo objetivo es garantizar el mayor porcentaje de sobrevivencia de crías posible.

2.4.1. Fase administrativa

Luego de la eclosión de los huevos en el nido, las crías emergen a la superficie al cabo de 5 a 6 días (entre 1.7 a 2 cm de longitud total) para respirar aire atmosférico, alimentarse de organismos zooplanctónicos y nadar en un cardumen compacto, acompañados en todo momento por el padre. En esta etapa, las crías son visualizadas por la(s) persona(s) que se encargan del manejo de los estanques, quienes deben dar aviso inmediato al dueño del predio y éste a su vez a la autoridad competente (DIREPROs). Al ser una especie incluida en el CITES, el paiche cuenta con una legislación especial para su manejo en cautiverio y en el caso peruano, el criador necesita tramitar dos documentos esenciales: a) el “acta de verificación de la reproducción de paiche en estanques de cultivo” y b) el “acta de verificación de levante de alevinos de paiche en estanques de cultivo”, donde se registran la cantidad y talla promedio de las crías.

En caso de que las crías levantadas ya tengan un destino distinto al predio del paichicultor, se debe tramitar también un “certificado de procedencia local” de dichos animales, documento que certifica que el lote de alevinos proviene de acuicultura. El lote en mención, podría ser adquirido por (1) una empresa acuarista (exportadora) o (2) un piscicultor formalizado con autorización para la producción de carne de paiche. En ambos casos se llena el acta de traslado, el cual es firmado por las direcciones de Acuicultura y DISECOVI de la DIREPRO y el representante de la empresa que adquiere el lote. Dicha acta, forma parte integrante de los requisitos para la emisión del “certificado de procedencia local”.

Si el lote es adquirido por una empresa exportadora, ésta deberá tramitar el “certificado de procedencia para exportación”, previa verificación del stock por parte de los inspectores de la dirección de Acuicultura de la DIREPRO. Para ello, la empresa adjunta

a su solicitud, el certificado CITES correspondiente, emitido por el Ministerio de la Producción, autoridad administrativa CITES.

2.4.2. Fase de manejo

a. **Fertilización.** Inmediatamente después de avistado el cardumen de crías nacidas en el estanque de reproductores, se debe proceder a fertilizar el agua para garantizar la producción de zooplancton, toda vez que a edades tempranas (entre 1.4 a 8 cm) son eminentemente zooplanctófagas. Es de extrema urgencia en esta etapa favorecer una mayor producción primaria y secundaria (sobre todo de cladóceros y copépodos).

Dependiendo de la productividad presente en el estanque, se pueden aplicar dos métodos o protocolos de fertilización:

- i) **Estanque con buena productividad.** Si en el momento de tener crías, el estanque cuenta con una aceptable productividad, solo se necesita fertilizar semanalmente, esparciendo polvillo de arroz al boleó, empleando una tasa de 20 g/m² de espejo de agua/día, hasta el día previo al levante.
- ii) **Estanque con baja productividad.** En este caso, se fertiliza semanalmente con polvillo de arroz a una tasa de 20 g/m² de espejo de agua. Además, se debe reforzar la fertilización con una dosis diaria de harina de pescado (2 g/m²) esparcida al boleó y una dosis interdiaria de NPK (2 g/m²) que se envuelve en una tela que actúa como una especie de filtro, siendo colocados entre 6 a 10 bolsitas atadas a estacas distribuidas por todo el estanque para fertilizar la mayor área de espejo de agua posible.

- b. **Captura o levante de alevinos.** Una vez decidido el destino de los alevinos (traslado a fase de pre-cría para engorde o venta a empresa exportadora) y gestionadas las autorizaciones del caso ante la DIREPRO, se da paso a la etapa conocida como levante. Para ello, se captura a los alevinos desde un tamaño mínimo de 2 cm, empleando diversos métodos disponibles que se detallan a continuación:

- i) En estanques o corrales pequeños (300 a 500 m²). Se baja el nivel de la columna de agua hasta dejarla a una profundidad de 0.80 a 1 m. Luego ingresan 1 o 2 personas llevando carcales (pusahuas) de 60 a 80 cm de diámetro. Estas personas localizan al cardumen, lo siguen cuidadosamente evitando asustar al adulto que realiza el cuidado parental, capturando a las crías al momento que salen a respirar

Figura 14. Proceso de captura de alevinos en corrales y estanques pequeños menores de 500 m², usando el método del carcal. Fotos: Humberto Arbildo y Fred Chu (IIAP).



(burbujeo), sumergiendo rápidamente los carcales uno seguido del otro. Posteriormente, una tercera persona lleva una bandeja de plástico con agua del estanque donde se colectan todos los alevinos capturados en los carcales (Figura 14).

Otro método frecuentemente utilizado en Loreto es atrapar los alevinos empleando una sola red alevinera de malla fina, con la cual los operadores realizan un movimiento de cerco al cardumen hacia uno de los extremos del estanque, permitiendo previamente el escape del adulto. Una vez que esto sucede, los operadores se apresuran en culminar el cierre del cerco y los alevinos atrapados son colectados con tazones de plástico o pusahuas y colocados en bandejas (Figura 15).

Figura 15. Proceso de levante de alevinos con una sola red.
A) Avistamiento del cardumen.
B y C) Pesca del cardumen.
D, E y F) Captura de los alevinos.
Fotos: Carmen García (IIAP).



Figura 16. Proceso de captura de alevinos usando el método de la doble red. A) Detección del cardumen. B) Extendido de la doble red. C) Cierre de la red interna. D) Colecta de crías en bandejas. Fotos: Miriam Alvan (IIAP).



- ii) En estanques $> 500 \text{ m}^2$. Si el estanque sobrepasa los 500 m^2 , se debe reducir el nivel de la columna de agua por debajo de los 100 cm. Luego de ubicar visualmente al cardumen, se utilizan dos redes, una interna y otra externa. La red externa es casi siempre una red alevinera de paño anchovetero (entre 0.5 a 1" de abertura de malla) de las siguientes medidas: 5 m de alto por 60 m de largo. La función de esta red es encerrar el cardumen y facilitar el escape del padre. A medida que se va cerrando el cerco, los adultos escapan saltando por encima de la red al sentirse acorralados.

Luego que los adultos han salido y solo quedan los alevinos, se jalan los extremos de la red externa con mucho cuidado, verificando que los plomos de la red se mantengan en el fondo sin levantar fango. Luego se emplea una red interna (red alevinera de malla fina o de tela de tul de 2 m de alto por 30 m de largo), cuya función es la de capturar los alevinos con el menor daño posible por la propia naturaleza suave de la tela. Finalmente, una persona lleva una bandeja de plástico con agua del estanque donde con la ayuda de jamos y/o tazones de plástico, se colectan todos los alevinos capturados (Figura 16).

Una vez colocados en las bandejas de plástico, los inspectores de la DIREPRO proceden a constatar el conteo total de los alevinos levantados (Figura 17), labor que es realizada por el personal responsable del fundo. Luego se extrae una muestra de 3 a 5% de los ejemplares colectados para determinar la longitud promedio del cardumen usando una regla milimetrada. Todos los datos son ingresados en un Acta de Levante que debe ser firmada por el piscicultor, los inspectores del área de Acuicultura y DISECOVI de la DIREPRO y un inspector del IIAP en representación del Ministerio del Ambiente como autoridad científica CITES.

Si el productor no cuenta con infraestructura para el manejo de los alevinos en ambientes cerrados, se recomienda preparar un estanque pequeño (200 – 300 m²), siguiendo el protocolo de preparación de estanques de alevinaje para paco o gamitana. Una vez lograda la producción de zooplancton, se siembran los alevinos y se debe cubrir totalmente el estanque o el corral con mallas para evitar el ataque de aves u otro tipo de depredadores (Figura 17).

Después de realizado el levante de los alevinos, pueden ocurrir dos situaciones:



Figura 17. A, B, C y D) Proceso de conteo y toma de medidas biométricas (talla) de alevinos recién levantados. E y F) Siembra en corrales del propio productor para fines de pre-engorde. Fotos: Carmen García y Miriam Alvan (IIAP).

- i) En el caso de que los alevinos son colocados en un área de manejo distinto al estanque en que se hizo la inspección, se deberá consignar el procedimiento realizado en la sección “observaciones” del acta de levante.
- ii) En el caso de que los alevinos sean trasladados fuera del fundo donde se realizó el levante (comercialización), el comprador deberá realizar el procedimiento detallado en el ítem 2.4.1 del presente manual.

c. Traslado y manejo de alevinos en las empresas acuaristas. Cuando los alevinos levantados son comprados por una empresa exportadora, los peces son inmediatamente empaquetados en bolsas plásticas de N° 17 conteniendo 3-4 litros de agua del estanque de origen, a una densidad de 50 peces/bolsa abiertas que son luego colocadas en jabsas plásticas o cajas de topa para su traslado en camionetas o furgonetas hasta su destino. En el caso de tener un balón de oxígeno disponible, se puede embalar hasta 80 peces/bolsa, en este caso, éstas van amarradas con ligas para evitar la pérdida de oxígeno (Figura 17). Si los alevinos miden menos de 2.5 cm y el tiempo de llegada al destino no supera la hora, pueden ser trasladados en baldes de 20 L, colocando en una bolsa 10 L de agua y hasta 500 alevinos/baldeo. Si se usa agua distinta a la del estanque, los alevinos deben ser aclimatados a la temperatura del agua del tanque, de donde se alimentarán las bolsas para el traslado.

Para la aclimatación, los alevinos son introducidos y cerrados en bolsas plásticas que contienen agua del estanque de origen. Estas bolsas son colocadas por 20-30 minutos en contacto con el agua del tanque para temperarlos. Transcurrido el tiempo previsto, se comparan las temperaturas del agua del tanque y de las bolsas con un termómetro. Si la diferencia es menor de 0.5 °C se procede a liberar los peces dentro de los tanques inmediatamente. Si la diferencia fuera mayor se debe dejar unos minutos más hasta que la diferencia de temperatura sea menor de 0.5 °C. Cabe indicar que durante el traslado al acuario, el cargamento completo va cubierto con plásticos de color oscuro para evitar la incidencia directa de los rayos solares sobre los peces.

En los acuarios, los peces son colocados en peceras de vidrio, envases de plástico (jabsas y/o bandejas), tanques de fibra de vidrio, tanques de cemento y cajas de topa o de madera, revestidos con plástico. La alimentación consiste en administrarles



Figura 18. Proceso de levante (A), conteo (B), aclimatación, embalaje (C y D) y traslado en camioneta hacia otro fundo o hacia alguna empresa acuarista (E y F). Nótese que la carga debe ir recubierta por una funda de lona o plástico. Fotos: Carmen García y Miriam Alvan (IIAP).

“guppies” vivos *ad libitum*, cuatro a seis veces al día, sifoneando las excretas del fondo después de la comida. Se realizan recambios totales de agua dos veces al día (temprano en la mañana y en horas de la tarde). Los “guppies” deben ser purgados y desinfectados en baños de permanganato de potasio (1 g/100 L agua) durante 24 horas, antes de ser ofrecidos a los paiches. Otro tratamiento efectivo de desinfección es someter a los “guppies” a baños de formol, a razón de 1 ml/100 L por tres horas.

Antes de ser enviados al extranjero, se restringe totalmente la alimentación de los peces por espacio de al menos 24 horas, para que los animales expulsen toda la materia fecal y restos de alimentos del tracto gastrointestinal. Luego, se utilizan bolsas plásticas N° 17, donde se embalan entre 4 a 5 alevinos de 6 a 7 cm de talla en un litro de agua. Después de inyectar oxígeno puro a cada bolsa, éstas son cerradas con ligas y colocadas en cajas de tecnopor de 50 cm alto x 43 cm ancho x 43 cm largo (hasta 8 bolsas/caja) y cubiertas con papel periódico y un pack de calefacción para mantener una temperatura adecuada durante el traslado hacia el destino final (Hong Kong). Cada tecnopor es colocado dentro de una caja de cartón, pesando al final entre 16 a 17 kilos. La ruta más empleada para llegar a Hong Kong es la siguiente: Iquitos-Lima-Los Ángeles-Seúl-Hong Kong que llega a tener una duración de poco más de 60 horas. Otra ruta empleada es Iquitos-Lima-Ámsterdam-Hong Kong.

- d. **Adaptación de crías al consumo de alimento balanceado.** La producción controlada y constante de alevinos es clave para lograr un éxito comercial en el cultivo del paiche. Una correcta alimentación es crucial a lo largo de las primeras etapas de vida para maximizar el crecimiento y la supervivencia, así como para obtener peces de calidad. Durante la fase larvaria de los peces, el sistema digestivo se desarrolla progresivamente, adquiriendo una mayor eficiencia de digestión y asimilación de los alimentos (Darias

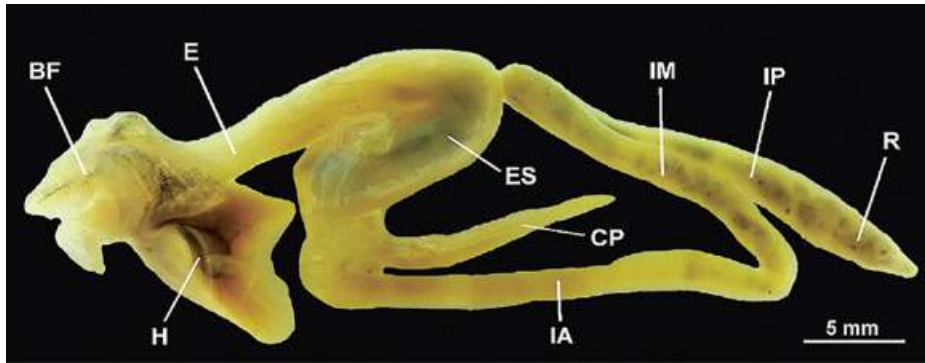


Figura 19. Sistema digestivo de un alevino de paiche de 2 cm de longitud total (izquierda). Corte histológico del estómago (derecha) en el que se observa el proceso de digestión del alimento (tinción: PAS). BF, bucofaringe; CL, cladóceros; CP, ciego pilórico; E, esófago; ES, estómago; GG, glándulas gástricas; H, hígado; IA, intestino anterior; IM, intestino medio; IP, intestino posterior; L, lumen estomacal; M, músculo; R, recto; *, mucosustancias liberadas para facilitar la absorción de azúcares y ácidos grasos.

et al. 2007). Cuando el sistema digestivo se encuentra completamente formado, se considera el fin del periodo larvario y el comienzo de la etapa juvenil, momento en el que se puede comenzar el reemplazo del alimento vivo por alimento balanceado (destete). En el caso del paiche, se ha observado que el sistema digestivo está completamente desarrollado cuando los alevinos emergen a la superficie por primera vez (1.7-2 cm de longitud, Figura 19) y, por tanto, están preparados para digerir alimentos complejos (Darias et al. 2016, Darias et al. en preparación).

El reemplazo del alimento vivo por alimento balanceado permite reducir costos y formular dietas adecuadas a las necesidades nutricionales de cada especie, con la consiguiente mejora de la producción. El éxito de la adaptación al alimento balanceado depende, entre otros factores, de la calidad y composición del alimento, del tamaño de la partícula (adaptado al diámetro del esófago del pez), de la textura, de la palatabilidad, de la disponibilidad y de que la dinámica en la columna de agua esté adaptada a la estrategia de alimentación del pez (Yúfera & Darias 2007). Los alevinos de paiche de 3 cm de longitud se alimentan por succión rápida y repetitiva en

la columna de agua. Por ello, para maximizar la ingesta, es importante que el alimento administrado se mantenga en la columna de agua el mayor tiempo posible.

Con el objetivo de facilitar la adaptación de alevinos de paiche al consumo de alimento balanceado, se muestran tres protocolos sumamente efectivos empleados para alevinos de distintas tallas.

d.1. Protocolo 1: Este protocolo se basa en que la fuente alimenticia es íntegramente conformada por el zooplancton cosechado de los estanques. Para ello, se debe contar con uno o dos estanques que se fertilizarán constantemente para mantener la producción de cladóceros y copépodos. El zooplancton debe ser colectado, concentrado y extraído con cuidado de los estanques y luego colocarlos en agua salobre para tornarlos inertes antes de ser ofertados a los alevinos *ad libitum*.

A la segunda semana, se inicia el adiestramiento en el consumo de alimento balanceado, mezclando éste con el zooplancton de modo gradual, hasta que los alevinos acepten completamente el balanceado (Tabla 3). La tercera semana, los peces se alimentan solo con la dieta balanceada, durante el transcurso de las semanas se va incrementando el diámetro de la dieta a medida que los peces crecen. El contenido proteico del alimento balanceado utilizado debe ser de al menos 60%.

En esta crucial etapa es sumamente importante sifonear el fondo de las artesas después de cada alimentación y realizar el recambio completo del agua, dos veces al día (mañana y tarde). Las horas de alimentación, por lo general, se realizan durante el día, aunque depende de la capacidad económica del criador si desea implementar un régimen de alimentación que se extienda las 24 horas, logrando un crecimiento más acelerado.

Tabla 3. Protocolo de adaptación al consumo de dietas secas para alevinos de 3 a 4 cm de longitud total. El alimento balanceado debe tener entre 55 a 60% de proteínas.

Día	Densidad (pez/L)	Tipo de Alimento	Frecuencia
1 - 7	3	100% zooplancton colectado de estanques (inertes)	Cada 20 minutos
8 - 9	3	75% zooplancton + 25% de alimento balanceado (<200 µm)	Cada 30 minutos
10 - 11	3	50% zooplancton + 50% alimento balanceado (<200 µm)	Cada 40 minutos
12 - 13	3	25% zooplancton + 75% alimento balanceado (200 µm)	Cada hora
14 - 16	3	100% alimento balanceado (200 a 300 µm)	Cada 2 horas
17 - 24	2	100% alimento balanceado (0.3 - 0.8 mm)	Cada 2 horas
25 - 32	2	100% alimento balanceado (0.8 - 1.0 mm)	Cada 3 horas

d.2. Protocolo 2: Este protocolo (Fernández-Méndez et al., 2016) está diseñado para peces de 5 a 7 cm de longitud total, pero puede usarse con éxito en peces de menor tamaño. La alimentación se inicia con naúplios de *Artemia* recién eclosionados que son preparados con un día de anticipación. Los naúplios son una opción más práctica, de un periodo corto de uso, pero de mayor costo en comparación con el zooplancton.

La alimentación se realiza hasta la saciedad, siendo muy importante el tamaño recomendado para facilitar su ingestión durante esta etapa. El día 2, cuando inicia la adaptación, se debe primero suministrar los naúplios y cuando se observa que los peces inician la alimentación se debe suministrar el balanceado, para que ambos sean consumidos simultáneamente.

Durante el proceso de adaptación es necesario mantener un recambio de agua constante para garantizar su buena calidad, porque al inicio, los peces no aceptan

totalmente el alimento balanceado; en tal sentido, la comida no ingerida, sufrirá un proceso natural de descomposición, deteriorando la calidad del agua con la liberación de sustancias nitrogenadas tóxicas como el amonio y los nitritos.

Es necesario realizar un monitoreo periódico de la calidad de agua en las unidades de cultivo, para verificar que los parámetros físicos y químicos se encuentren en niveles óptimos o al menos adecuados. Las condiciones de cultivo fueron 27.8 °C; pH 6.9 y oxígeno disuelto 5 mg/L.

Tabla 4. Protocolo de adaptación al consumo de dietas secas para alevinos de 5 a 7 cm de longitud total. El alimento balanceado debe tener entre 55 a 60% de proteínas.

Día	Densidad (pez/L)	Tipo de Alimento	Frecuencia (veces/día)
1	3	Alimentación con 100% naúplios de Artemia	6
2	2	50% naúplios de Artemia + 50% alimento balanceado (<200 µm)	6
3-8	2	25% naúplios de Artemia + 75% alimento balanceado (<200 µm)	6
9 - 14	2	75% alimento balanceado (<200 µm) + 25% alimento balanceado (200 – 800 µm)	6
15 - 16	2	50% alimento balanceado (<200 µm) + 50% alimento balanceado (200 – 800 µm)	6
17 - 22	2	100% alimento balanceado (0.8 – 1.3 mm)	6
23 - 28	1	100% alimento balanceado (1.5 – 2 mm)	4

d.3. Protocolo 3: Investigaciones recientes realizadas por el IIAP y el IRD en circuitos de recirculación, han permitido simplificar notablemente el protocolo de cría de alevinos a partir de los 3 cm de talla y adaptarlos rápidamente a un alimento

Tabla 5. Protocolo de adaptación al consumo de dietas secas para alevinos de 3 a 5 cm de longitud total, utilizando un alimento balanceado de 60% de proteínas y 14% de lípidos específico para etapas tempranas de vida.

Día	Densidad (pez/L)	Tipo de Alimento	Frecuencia (veces/día)
1	1	Alimentación con 100% naúplios de Artemia	5
2	1	75% naúplios de Artemia + 25% alimento balanceado (<200 µm)	5
3	1	50% naúplios de Artemia + 50% alimento balanceado (<200 µm)	5
4	1	25% naúplios de Artemia + 75% alimento balanceado (<200 µm)	5
5 - 10	1	100% alimento balanceado (200 - 800 µm)	5
11 - 17	1	100% alimento balanceado (0.8 - 1 mm)	5

balanceado específicamente diseñado para etapas tempranas de vida (Darias et al. 2016, Darias et al. en preparación).

Las características principales de este alimento, con 60% de proteínas y 14% de lípidos, son la inclusión de hidrolizado de proteína y fosfolípidos (Darias et al. 2015). El hidrolizado de proteína se digiere con más facilidad y los fosfolípidos constituyen una fuente importante de energía necesaria para el desarrollo de los peces y, además, actúan como atrayente en el momento de la ingesta.

La calidad y la composición del alimento balanceado son críticos para el éxito de un protocolo de alimentación. Con esta dieta, se logra destetar a los alevinos de paiche en solo 3 días, siguiendo el protocolo indicado en la Tabla 5.

En la experiencia realizada por Darias et al. (2016, en preparación), los alevinos de 3 cm fueron transferidos a un circuito de recirculación y cultivados en tanques

de 30 L a razón de 1 pez/L. Tras un primer día de aclimatación, en el que los alevinos fueron alimentados exclusivamente con *Artemia* a saciedad, 5 veces al día, se procedió al destete con un reemplazo gradual de la *Artemia* por alimento balanceado en un plazo de 3 días. Las condiciones de cultivo fueron las siguientes: 29 °C de temperatura del agua, 7.9 de pH de, 7.2 mg/L de oxígeno disuelto y fotoperiodo de 12 de luz y 12 horas de oscuridad.

Una vez que se ha logrado la adaptación, se continúa el manejo alimenticio hasta que gradualmente los peces sean capaces de consumir raciones de 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 mm de diámetro. En esta fase, el alimento se ofrece a saciedad, cada hora, hasta que lleguen a los 8 cm (15 a 20 días). El contenido proteico del alimento balanceado utilizado debe ser de al menos 60% y es sumamente importante sifonear el fondo de las artesas con manguerillas finas después de cada alimentación y realizar el recambio completo del agua, dos veces al día (mañana y tarde).

Se debe seleccionar y separar los alevinos por rango de tallas, ya que mantener individuos de tamaños dispares, genera problemas como mordeduras de las aletas por parte de los peces grandes, que luego son la puerta de entrada para infecciones bacterianas. Por otro lado, la voracidad y posición dominante ejercida por los peces grandes limita la disponibilidad de alimento para los más pequeños.

La alimentación, por lo general, se realiza durante las 12 horas de luz solar, pero dependiendo de la capacidad económica del criador se puede implementar un régimen de alimentación que se extienda las 24 horas. Esto sería lo más adecuado, pues los alevinos comen día y noche, logrando un crecimiento más acelerado. Como medida profiláctica, los peces deben ser sometidos a baños de inmersión en solución salina (5 g/L) por 3 a 5 minutos, una vez por semana.

- e. **Pre-cría.** La pre-cría se inicia aproximadamente con peces de 8 a 15 cm, se realiza en tanques de concreto, artesas de fibra de vidrio, cajas de madera con plástico y/o piscinas de plástico, bajo techo, que puede ser de flujo de agua estático o continuo, a una densidad inicial de un pez por cada 2 a 5 litros, dependiendo de la calidad y el recambio del agua, así como del tamaño de los peces.

La pre-cría también se puede hacer en estanques de tierra, utilizando jaulas recubiertas de malla mosquitero o en estanques de tierra de 300 a 500 m² previamente secados, limpiados, caleados y fertilizados (con procedimientos similares a los realizados para la siembra de alevinos de gamitana), recubiertos con mallas para evitar la depredación por acción de aves piscívoras. Los peces se siembran entre los 3 y 5 días post-fertilización del estanque, a una densidad de cultivo de 5 peces/m². En ese preciso momento, la columna de agua del estanque deberá tener a lo sumo entre 70 a 90 cm de profundidad.

En esta fase, la alimentación se realiza 4 veces al día, empleando exclusivamente dietas balanceadas con un mínimo de 45% de proteína. La tasa de alimentación inicial es de 15% y con el paso de las semanas decrece paulatinamente hasta fijarse en 5% al final de esta fase. La alimentación de los peces se inicia con dietas de 1 mm de diámetro, hasta llegar a consumir pellets extrusados de hasta 10 mm. Esta fase tiene una duración de 2 meses, cuando los peces alcanzan un peso promedio entre 150 a 200 g (24 a 30 cm).

- f. **Calidad de agua.** En los sistemas de cultivo, la concentración de oxígeno disuelto es un factor crítico. Éste sufre variaciones diarias debido a la demanda biológica de oxígeno ocasionada por la alta densidad de peces y el plancton, la temperatura ambiental y del agua, la profundidad del estanque así como por la descomposición del alimento

no aprovechado por los peces, que constituye la principal fuente de compuestos nitrogenados y que aumenta en el caso de peces carnívoros por los elevados niveles de proteína usados en las raciones en comparación con otros peces (Pereira & Mercante 2005; Ismiño-Orbe et al. 2003).

Sin embargo, el paiche tiene una ventaja respecto a los peces de respiración acuática (Cavero et al. 2003b) por su respiración aérea obligatoria, obteniendo la mayor parte del oxígeno a través de la vejiga natatoria (Brauner & Val 1996), lo que le permite tolerar aguas con bajos niveles de oxígeno disuelto (Cavero et al. 2004).

Tabla 6. Rangos adecuados de calidad de agua para el manejo de alevinos de paiche

Parámetro (unidades)	Naturaleza	Rango adecuado	Rango óptimo
Temperatura (°C)	Física	26 - 30	27 - 28
Oxígeno disuelto (mg/L)	Química	4 - 7	> 5
Amonio (mg/L)	Química	<0.05	<0.02
Nitritos (mg/L)	Química	<0.05	ausente
Conductividad eléctrica (µS/cm ²)	Física	20 - 60	30 - 40
pH (upH)	Química	6 - 8	6.5 - 7.0

Los alevinos son más sensibles a las variaciones bruscas de la calidad de agua que los juveniles y adultos, debido a que están más expuestos a factores de estrés por la propia naturaleza del manejo en esta fase. Por ejemplo, en el manejo de crías se realizan varios recambios de agua al día, que pueden variar repentinamente la temperatura o pH y causar la aparición de patógenos como protozoarios y ciliados. Asimismo, un descuido en la limpieza resulta en la acumulación de restos en descomposición

en las unidades de manejo, causando un incremento desmedido de compuestos nitrogenados (amonio y nitritos) que son tóxicos y ocasionan altas mortalidades.

Durante todo el proceso de adaptación de las crías al consumo de alimento balanceado es necesario garantizar condiciones estables y óptimas de calidad de agua, mediante los recambios constantes con aguas temperadas, por un sistema de recambio automático o manual, reduciendo así el riesgo de enfermedades.

g. Aspectos sanitarios. Los alevinos criados en cautiverio son propensos a ser parasitados por diferentes agentes como los hongos, bacterias, protozoarios, copépodos, monogéneos, acantocéfalos, entre otros, que pueden causar serios problemas (Mathews et al. 2007a; Marinho 2013; Serrano et al. 2014; Serrano-Martínez et al. 2015), si las condiciones son desfavorables y el estrés elevado (altas densidades por unidad de área, manejo y alimentación inadecuada, mala calidad del agua), por lo que es necesario aplicar medidas preventivas como desinfectar los estanques antes de la siembra, monitorear la calidad de agua, ofertar una adecuada alimentación, manipular los peces al mínimo, desinfectar periódicamente los materiales y utensilios utilizados, así como evitar el préstamo de redes para ser usados en otros fundos.

g.1. Profilaxis. Por lo general y salvo raras excepciones, los mismos agentes patógenos reportados en paiches adultos también se hacen presentes en las infestaciones e infecciones que ocurren en los alevinos; por eso, en esta fase de vida, se debe mantener una estricta práctica de prevención de enfermedades. Como principal medida profiláctica, se deben realizar baños interdiarios de inmersión en solución salina (5 g/L) por espacio de 3 a 5 minutos. Si es necesario, también se puede mantener un nivel constante de 1.0 a 1.5 g sal/L en las unidades de manejo, lo que reducirá la aparición de enfermedades, siendo esta una práctica común en las casas acuaristas.

Para prevenir la aparición de enfermedades, es básico evitar la manipulación excesiva de los alevinos, ya que ello estresa innecesariamente a los peces y genera pérdida de mucus, descamación y heridas, que son vías de entrada de los agentes patógenos. Evite también exponer a los alevinos a la incidencia directa de la luz solar, ya que produce desecación de la piel y quemaduras en los ojos.

Finalmente, recordar siempre que los materiales usados para la limpieza y manipulación de los peces también deben ser desinfectados contantemente en una solución de lejía al 7.5% para evitar la aparición y proliferación de enfermedades.

g.2. Identificación de un alevino sano. Según Guerra et al. (2002), los peces sanos presentan las siguientes características:

- Presentan buenos reflejos y desplazamiento ágil dentro de la unidad de manejo.
- Nadan siempre en formación de cardumen.
- Atrapan su alimento con voracidad.
- El cuerpo presenta coloración uniforme, brillante, sin manchas oscuras ni ulceraciones.
- La aleta caudal está siempre en posición vertical.
- Las aletas están enteras, sin ulceraciones ni mordeduras.

g.3. Identificación de un alevino enfermo. Los peces enfermos presentan comportamiento y características externas que permiten identificarlos como tal y deben ser extraídos de las unidades manejo y aislados del resto. Según Guerra et al. (2002) un alevino enfermo se identifica cuando:

- Presenta desplazamiento lento y/o errático.
- Se aíslan del cardumen y/o se desplazan solos por la superficie del agua.

- Tienen reflejos lentos o carencia de ellos ante estímulos externos.
- Presentan la piel con coloración mucho más oscura en comparación a los demás peces.
- Presentan ulceraciones en la aleta caudal.
- Pérdida del apetito.
- Producción excesiva de mucus, liberando al agua coágulos blanquecinos.
- Ojos opacos, salientes.
- Frotaciones del cuerpo en las paredes o fondo del tanque.
- Presencia de parásitos a nivel de branquias.
- Hiperventilación de los opérculos.

g.4. Cuarentena. En caso de observar algún comportamiento y/o característica externa que indique enfermedad (ver ítem g.3), separaremos a los individuos en peceras, bandejas u otros recipientes bajo cuarentena, tomando muestras para determinar el agente causal de la enfermedad y aplicando el tratamiento correspondiente.

- **Tratamiento contra bacterias de amplio espectro.** Los principales síntomas de infección bacteriana aparecen cuando los peces presentan las aletas caudales erosionadas con heridas, producto de mordeduras de sus propios hermanos. Estas mordeduras suceden cuando la alimentación es deficiente o cuando no se ha realizado un manejo adecuado de la selección de tallas, criando en el mismo ambiente a peces de distintos tamaños. Para solucionar este problema, los peces son sometidos a baños en agua con antibióticos como oxitetraciclina por un periodo de 3 a 5 días. En caso de infestación mixta de bacterias y hongos adicionar 5 g de sal/L en agua.
- **Tratamiento contra hongos.** Cuando los peces presentan partes del cuerpo con forma algodonosa y se confirma que es producto del ataque de hongos del género *Saprolegnia*, se debe tratar con baños de inmersión salina (5 g de sal/L en agua) durante 3 a 5

minutos diariamente. Otro tratamiento anti-fúngico eficaz es realizar baños de 30 a 60 minutos en solución de verde de malaquita (1.5 mg/L agua).

- **Tratamiento contra los ectoparásitos.** En caso de detectarse la presencia de monogeneos, protozoarios (*Trichodina*, etc.) u otros ectoparásitos, se deben realizar baños de 5 minutos en solución de sal común de 30 g/L. Otro tratamiento efectivo, si es que ya existen ulceraciones y presencia de bacterias, es el tratamiento con baños de 20 a 30 minutos en solución de permanganato de potasio (0.1 g/100 L agua).
- **Tratamiento contra monogeneos.** En este caso, tanto como método preventivo o de control, suministrar en el alimento una pastilla de Mebendazol de 100 mg en 100 g de alimento. La pastilla debe molerse y diluirse en 10 ml de agua para luego ser mezclada con el alimento balanceado.
- **Tratamiento contra *Ergasilus*, *Argulus* y *Lernaea*.** En este caso se usan baños de 1-2 días con Tricloform (1.5 a 2.5 g/m³).

Para el tratamiento de enfermedades, recomendamos el asesoramiento de profesionales médicos veterinarios o en su defecto de profesionales acuícolas y pesqueros, así como revisar los lineamientos establecidos por la entidad que norma los procedimientos sanitarios y autoriza el uso de medicamentos en acuicultura a nivel nacional (SANIPES).

2.5. Tecnologías para el engorde de paiche

2.5.1. Engorde en estanques de tierra

Dependiendo del tamaño de levante de los alevinos y el proceso de pre-cría de paiche, el engorde en estanques de tierra puede constar de una a tres fases bien definidas. Sin embargo, en la mayoría de fundos del Perú identificamos dos fases:

- a. **Fase de engorde inicial.** Se realiza en estanques de tierra de 500 m² previamente secados, limpiados, caleados y fertilizados, según el protocolo recomendado para gamitana y/o paco. Los peces entran a esta fase con un peso promedio de 150 a 200 g (provenientes de pre-cría) y son sembrados a los 3-5 días post-fertilización, a una densidad de cultivo que puede variar entre 1 a 1.5 peces/m².

En esta fase, la frecuencia de alimentación empleada es de tres veces al día, administrando dietas balanceadas extrusadas que contengan como mínimo un tenor proteico de 40%. La tasa de alimentación empleada se reduce gradualmente, iniciando en 6% hasta llegar a una tasa final del 3% de la biomasa de los peces presentes en el estanque.

Los peces inician esta etapa consumiendo dietas de 10 mm de diámetro de pellet, culminando con pellets de 20 mm. La duración de este periodo es de tres meses o hasta que los animales lleguen a un peso promedio de 2 kg.

- b. **Fase de engorde final.** Se realiza generalmente en estanques de 1000 a 2000 m² previamente secados, limpiados y caleados. Los peces entran a esta etapa con 2 kg de peso promedio inicial y son sembrados a una densidad de cultivo de 0.25 peces/m², manteniendo esta densidad hasta que los peces lleguen a los 10 - 12 kg de peso promedio (aproximadamente en 8 meses).



Figura 20. Proceso de engorde. Alimentación (A), cosecha (B), selección por talla y peso (C) y retiro para procesamiento post-cosecha (D). Empresa Peces & Pescados (Iquitos). Fotos: Jorge Ayarza (IIAP).

En esta fase, la alimentación se realiza dos veces al día, utilizando dietas extrusadas con un contenido proteico mínimo de 40%. La tasa de alimentación inicial es del 3% y se reduce gradualmente hasta culminar el engorde con 0.8%. Los peces inician su alimentación con dietas de 20 mm de diámetro y culminan esta fase consumiendo dietas de 30 mm, hasta la cosecha.

En la fase final de engorde, se torna necesario renovar semanalmente al menos un 10% del agua de los estanques, para prevenir la eutrofización y el crecimiento masivo de microalgas. La masiva oferta de alimento y las excretas de los peces aportan

nutrientes que favorecen el afloramiento de este fenómeno. Lo ideal en estos casos es eliminar periódicamente el agua de las zonas más profundas de los estanques puesto que éstas son justamente las de peor calidad. De ser posible, se debe construir y manejar un reservorio con la capacidad suficiente de volumen de agua para realizar dichos recambios semanalmente.

2.5.2. Engorde en jaulas

Es una tecnología de engorde de tipo intensivo. Se realiza generalmente en infraestructuras acuícolas conocidas como jaulas flotantes, hechas de fierro galvanizado con mallas revestidas de plástico de $\frac{3}{4}$ " de abertura, que tienen las siguientes dimensiones: 10 m de largo x 10 m de ancho x 3 m de altura; que conforman un área de 100 m² de espejo de agua pero con un volumen de agua efectivo de 240 m³.

Estas jaulas son instaladas en lagos y lagunas con profundidades mínimas que sean superiores a la altura máxima de las jaulas, para evitar el contacto con el lodo altamente tóxico del fondo. Las jaulas deben ser ancladas para evitar su desplazamiento por acción de los vientos.

En el Perú, solo se ha realizado una experiencia exitosa de crianza de paiche en jaulas flotantes. Fue desarrollada por la DIREPRO Ucayali y el IIAP en el Lago Imiría entre los años 2005 y 2007 (Chu-Koo et al. 2007). Los peces fueron sembrados con tallas y pesos iniciales promedio de 43.5 cm y 700 g respectivamente, a una densidad de 3 peces/m³ y bajo un estricto régimen de alimentación mixta (60% balanceado extruido y 40% de pescado fresco), tres veces al día. La tasa de alimentación inicial fue de 3% y finalizó en 1%. Durante nueve meses se alimentó a los peces con dietas extrusadas de 40% PB, culminando los meses restantes con dietas de mínimo 35% PB. El diámetro de los

pellets inició en 10 mm y terminó en 30 mm. La conversión alimenticia obtenida fue de 2.5, alcanzando los peces tallas y pesos promedio de 106 cm y 12 kg en un periodo de 12 meses, siendo el rendimiento de 33 kg/m³/año (8,500 kg/240 m³).

La calidad del agua de las jaulas fue la siguiente: oxígeno disuelto entre 1 y 3 mg/L, pH entre 6 y 7.5; temperatura entre 25 y 32°C; CO₂ debajo de 20 ppm y alcalinidad total menor a 10 ppm. El monitoreo se realizó cada 30 días para evaluar el crecimiento en peso y longitud, contar los ejemplares y realizar el control sanitario. La sobrevivencia fue de 87%.



Figura 21. Imágenes de cultivo de engorde en jaulas flotantes. A y B) En el estado de Amazonas, Brasil. C y D) En la laguna Imiría (Ucayali, Perú). Fotos: Salvador Tello y Carmela Rebaza (IIAP).

2.5.3. Evaluación económica financiera de la producción de paiche (engorde)

En los albores de la paichicultura, pocos confiaban en la rentabilidad de la crianza de un pez carnívoro, debido a los altos costos que representaba alimentarlos con otros peces. Luego de varios años de constante trabajo por parte de empresarios y entidades de investigación, el IIAP entre ellas, se ha logrado desarrollar dietas balanceadas que son aceptadas y muy bien asimiladas por los animales bajo crianza, alcanzando muy buen crecimiento y rentabilidades atractivas.

En el caso de Loreto, uno de los inconvenientes existentes es el alto costo del alimento, debido a que los mayores ofertantes son empresas privadas que comercializan su producto con el incremento significativo por el transporte desde los centros de producción. La falta de conectividad de Iquitos con otras regiones, ocasiona el encarecimiento de los productos que llegan a esta ciudad amazónica, no solo los elaborados, sino también los insumos para preparar alimento balanceado como harina de pescado, harina de soya y harina de maíz. Los precios actuales en el mercado de Iquitos varían desde los 5.25 soles por kilogramo, por un alimento de 40% de proteína, hasta los 6.18 soles por uno de 45%.

- a. **Costos de producción de carne.** Con el objeto de ser lo más fidedignos posibles en cuanto a los costos reales del proceso de engorde de esta especie, esta sección del manual fue elaborada consultando cuatro experiencias de engorde de paiche (una del IIAP y tres del sector privado), a las cuales hemos denominado estudios de caso realizados en Loreto y Ucayali.

Estudio de Caso 1:

Tabla 7. Análisis de rentabilidad económica del engorde de paiche en el Fundo San Luis (Eje carretero Iquitos – Nauta, Km. 65, Loreto). Engorde con fase de pre-cría de alevinos. Costo promedio del alimento extrusado: S/. 5.25.

Variable	Unidades	Cantidad
Área del Estanque	m ²	2,000
Longitud Inicial Alevinos	cm	18
Peso Inicial Alevinos	g	15
N° Alevinos Sembrados	pez	200
Longitud Final Alevinos	cm	110
Peso Final Alevinos	kg	12
Tiempo de Cultivo	Mes	14
Conversión Alimenticia	kg alimento/kg pez	1.975
Biomasa Final	kg	2,400
Precio Venta Carne	Soles/kg	15
Total Ingresos	Soles	36,000
Costo de Producción	Soles	30,735
Rentabilidad	Soles	5,265

Estudio de Caso 2:

Tabla 8. Análisis de rentabilidad económica del engorde de paiche en el Fundo Acuícola Los Paiches (Yurimaguas). Engorde sin fase de pre-cría de alevinos. Costo promedio del alimento extrusado: S/. 5.45

Variable	Unidades	Cantidad
Área del Estanque	m ²	10,000
Longitud Inicial Alevinos	cm	3.3
Peso Inicial Alevinos	g	0.15
N° Alevinos Sembrados	pez	1,000
Longitud Final Alevinos	cm	105
Peso Final Alevinos	kg	10
Tiempo de Cultivo	Mes	16-18
Conversión Alimenticia	kg alimento/kg pez	1.97
Biomasa Final	kg	10,000
Precio Venta Carne	Soles/kg	15
Total Ingresos	Soles	150,000
Costo de Producción	Soles	109,615
Rentabilidad	Soles	40,385

Estudio de Caso 3:

Tabla 9. Análisis de rentabilidad económica del engorde de paiche en el IIAP Pucallpa (Eje carretero Pucallpa-Lima, Km. 12). Engorde con fase de pre-cría de alevinos. Costo promedio del alimento extrusado: S/. 5.45

Variable	Unidades	Cantidad
Área del Estanque	m ²	4,000
Longitud Inicial Alevinos	cm	35
Peso Inicial Alevinos	g	300
N° Alevinos Sembrados	pez	400
Longitud Final Alevinos	cm	102
Peso Final Alevinos	kg	10
Tiempo de Cultivo	Mes	12-14
Conversión Alimenticia	kg alimento/kg pez	1.7
Biomasa Final	kg	4,000
Precio Venta Carne	Soles/kg	15
Total Ingresos	Soles	60,000
Costo de Producción	Soles	43,960
Rentabilidad	Soles	16,040

Estudio de Caso 4:

Tabla 10. Análisis de rentabilidad económica del engorde de paiche en la empresa Peces & Pescados (Eje carretero Iquitos-Nauta, Km. 4.1). Engorde con fase de pre-cría de alevinos. Costo promedio del extrusado: S/. 6.00 soles.

Variable	Unidades	Cantidad
Área del Estanque	m ²	2,480
Longitud Inicial Alevinos	cm	25
Peso Inicial Alevinos	g	1500
N° Alevinos Sembrados	pez	1000
Longitud Final Alevinos	cm	120
Peso Final Alevinos	kg	10-12
Tiempo de Cultivo	Mes	12
Conversión Alimenticia	kg alimento/kg pez	2.4
Biomasa Final (solo filete)	kg	4,700
Precio Venta Carne	Soles/kg	30
Total Ingresos	Soles	141,000
Costo de Producción	Soles	54,400
Rentabilidad	Soles	86,600

2.6. Proceso de cosecha y post-cosecha de paiche

2.6.1. Captura y selección de ejemplares

Los peces son cosechados cuando llegan al peso medio de 10 kilogramos. Por lo general, en el proceso de engorde se forman tres grupos: i) lo que denominamos como “cabecera”, es decir, un grupo de ejemplares que presentan un nivel de crecimiento superior a la media y que en el proceso de engorde, algunos ejemplares, pueden alcanzar los 18 kg; ii) los peces de la media (10 a 12 kg), margen en el cual se hallan la mayoría de ejemplares; y finalmente iii) la “cola”, que son los individuos que se retrasaron en el crecimiento (peces entre 4 a 6 kg).

La cosecha se realiza usando una red de malla bolichera de 1.5” de abertura. Una vez capturados, se procede a la cosecha de los animales que tengan un peso mayor a los 10 kg, retornando al estanque a los peces que no alcancen ese peso.

2.6.2. Inmovilización de ejemplares

Luego de haber seleccionado a los ejemplares con pesos mayores de 10 kg, se procede a la inmovilización de los mismos dando un golpe seco en la zona frontal de la cabeza, evitando así una mayor acumulación de ácido láctico y una variación súbita del pH en el proceso de *rigor mortis*, lo que podría afectar negativamente la calidad de la carne, toda vez que esta deberá experimentar procesos de manipuleo hasta su estado de presentación y conservación final. Cada uno de los peces es pesado y medido. Los datos deben ser registrados en una ficha de datos para determinar su rendimiento en filete y carcasa al final del proceso.

2.6.3. Desangrado

En esta etapa del proceso, los ejemplares inmovilizados son colgados con ganchos colocados a la altura de los opérculos, para posteriormente ser desangrados por un espacio aproximado de 10 a 12 minutos. Para el desangrado se corta la arteria caudal con un cuchillo o un machete bien afilado y limpio.

Transcurrido este tiempo y antes de proceder al beneficio del pescado, es necesario bajar la temperatura de la carne de los peces a un rango que fluctúe entre los 2 a 4 °C. Esta acción se realiza sumergiendo a los peces desangrados y lavados dentro de un contenedor BIN de 1 tonelada de capacidad, donde se ha preparado una mezcla de agua y hielo picado (proporción 1:1) cuyo aspecto debe ser similar al de una cremolada. Los mantendremos sumergidos por un periodo aproximado de 15 a 20 minutos.

2.6.4. Eviscerado, retiro de piel y fileteado

Durante este proceso se hace necesaria la contratación de personas que conozcan el proceso de beneficiamiento de esta especie, con el objetivo de obtener el máximo rendimiento en filete posible. Se procede al retiro de la piel y al eviscerado del animal como paso previo al fileteo. Cabe señalar que los rangos de rendimientos pueden fluctuar entre 47 y 52% dependiendo del peso total de los individuos capturados y la experiencia del personal encargado del proceso.

2.6.5. Embolsado y pesado

En esta etapa, los filetes son embolsados individualmente y colocados en bandejas para su pesaje respectivo, antes de pasar a la cámara de refrigeración, para evitar que el golpe de frío “queme” al filete durante el proceso de congelamiento.



Figura 22. Proceso de post-cosecha de paiche en una empresa dedicada al engorde de esta especie en Loreto (Peces & Pescados SAC). A) Selección. B) Desangrado, C) Retiro de piel, eviscerado y fileteado. D) Embolsado. E) Refrigerado. Fotos. Jorge Ayarza (IIAP).

2.6.6. Refrigerado

Las bandejas conteniendo los filetes deben ser colocadas en cámaras de refrigeración, a una temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, la materia prima con peso promedio de unos 40 kilos debe ser colocada en cajas isotérmicas a las cuales se añade un 5% del peso de la biomasa en hielo (de preferencia en escamas) y es transportada hacia los carros frigoríficos o al terminal aéreo, como paso previo a su procesamiento final en planta.

2.6.7. Procesamiento en planta

Para asegurar la inocuidad del producto, el procedimiento a realizarse en planta de procesamiento tiene que cumplir el siguiente protocolo:

- a. Recepción y desembarque de las cajas de tecnopor conteniendo el producto.
- b. Apertura de cajas y verificación de la materia prima por parte del departamento de control de calidad.
- c. Pesado de la materia prima.
- d. Colocar los filetes en un BIN conteniendo mezcla de agua y hielo (1:1, tipo cremolada) por aproximadamente 15 minutos, para uniformizar la temperatura de la carne entre $2\text{ a }4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- e. Lavar y clasificar los filetes por peso.
- f. Una vez seleccionados, son estibados en una especie de parrillas y colocados en un túnel de congelación a $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 4 horas. Posteriormente, los filetes son trasladados a otra cámara de conservación a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- g. Se cortan los filetes en máquinas de sierra cinta, de acuerdo al peso y/o grosor sugerido por el cliente (entre 0.25 - 1 kg). Los cortes son embolsados, sellados al vacío y luego almacenados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figura 23. Procesamiento de filetes en planta. A) Desembarque en planta. B) Uniformización de temperatura en hielo y agua. C) Emparrillado para congelamiento. D) Congelamiento en cámara. E) Corte de filete. F) Empacado y sellado al vacío. Imágenes tomadas en el Instituto Tecnológico de la Producción (ITP Sede Ventanilla). Fotos. Jorge Ayarza (IIAP).

ESTADÍSTICAS DE PRODUCCIÓN

La paichicultura peruana ha experimentado un importante crecimiento en la última década. En el 2007, la producción nacional de carne y semilla de paiche proveniente de acuicultura era de apenas 40.5 TM y 15,927 alevinos, respectivamente; mientras que en el 2011, la realidad cambió drásticamente, registrándose una producción de 495.2 TM de carne y 80,700 alevinos (Chu-Koo et al. 2012); hasta llegar a un pico máximo de 637 TM de carne, cosechadas en el 2012. Según estadísticas oficiales (PRODUCE 2016), la producción acuícola de carne de paiche en el quinquenio 2010 - 2015 fue de 1,393 TM, siendo reportada por las empresas una producción de 249.3 TM de paiche congelado.

Entre los años 2010 al 2016, se obtuvieron 1,046.7 TM de carne de paiche en Loreto, siendo el año 2011 el de mayor producción, con 421.2 TM. En Ucayali, la cosecha de paiche en el periodo 2010 – 2016 fue de 186.3 TM, siendo también el 2011 el año de mayor producción con 74 TM (Figura 22).

Este crecimiento en la producción de carne y semilla no hubiera sido posible sin dos aspectos clave:

- a. Incremento significativo en el conocimiento científico de la especie, así como los avances en el desarrollo tecnológico de su cultivo, aspecto liderado principalmente por el IIAP y empresarios locales, quienes vienen refinando las tecnologías de producción.

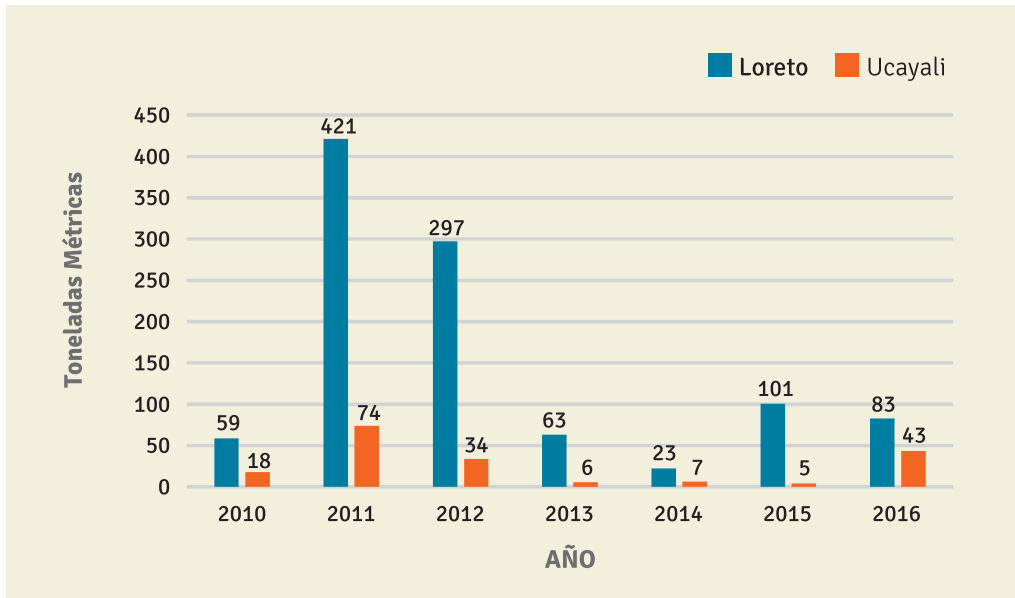


Figura 23. Producción de paiche (*Arapaima gigas*) en el periodo 2010-2016. Fuente: Alvan-Aguilar et al. (2016).

Del 2003 a la actualidad, el IIAP generó valiosa información sobre la especie; desde su manejo en cautiverio (estanques, jaulas y corrales), rusticidad, protocolos de adaptación a dietas secas, determinación de requerimiento proteico en juveniles, desempeño zootécnico en jaulas flotantes, métodos para determinación de sexo, intentos de reproducción inducida, influencia de parámetros ambientales en la reproducción, caracterización genética de poblaciones naturales, repoblamiento, parásitos, desplazamiento en los ambientes naturales, etc.

- b. Incurción de productores e inversionistas privados que han fortalecido la paichicultura en Loreto y Ucayali y otras empresas que han expandido la actividad hacia regiones

como Piura, Lima y Tumbes. Importantes consorcios económicos nacionales como el Grupo Hochschild (propietario de Acuícola Los Paiches S.A), el Grupo Favre (Acuicultura Huaura S.A.) y Camposol SAC (Grupo Marinazul S.A.), son muestras positivas del creciente interés y del futuro de la paichicultura en el país (Chu-Koo et al. 2012; Alvan-Aguilar et al. 2016).

Entidades como el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR) y el Ministerio de la Producción (PRODUCE) han identificado y priorizado al paiche como un producto de exportación de gran potencial para la acuicultura nacional, realizando consultorías para resolver los cuellos de botella tecnológicos y de mercado existentes. El desarrollo de las tecnologías de producción y valor agregado es parte importante de la agenda de PRODUCE, sus entes adscritos y el IIAP; mientras que la identificación de nuevos mercados forma parte de la agenda de programas estatales como Sierra y Selva Exportadora y MINCETUR.

Asimismo, el Gobierno Regional de Loreto ha priorizado el desarrollo de la cadena productiva del paiche a través de una ordenanza regional que busca promover su cultivo y comercialización con criterios de inocuidad y asociatividad y la ejecución del proyecto de inversión pública “Mejoramiento de los servicios de apoyo a la cadena productiva del cultivo de paiche *Arapaima gigas* en el eje carretero Iquitos-Nauta-provincias de Maynas/Loreto-Loreto” (SNIP 360504).

4

MERCADO, COMERCIALIZACIÓN Y VALOR AGREGADO

4.1. Mercado

Un estudio de mercado publicado por la UNCTAD (Mueller 2006), puso en evidencia la demanda potencial de la carne de paiche en el mercado externo. Según el estudio, Estados Unidos, Alemania y Suiza son los países donde los consumidores encuestados mostraron mayor interés por el consumo de carne de paiche. En Estados Unidos, un estudio publicado por Schaefer et al. (2012) menciona que el paiche tiene todas las características necesarias para su producción acuícola y que diversos estudios han mostrado su potencial para el mercado local norteamericano e internacional, los mismos que aprecian su valor nutricional y culinario. No es casualidad entonces que el principal destino de la carne de paiche exportada por el Perú sea los Estados Unidos de Norteamérica, donde se han exportado 284 TM en el periodo 2010-2015; por un monto total de 4.02 millones de dólares americanos (PRODUCE 2016).

4.2. Comercialización

Contrario a lo esperado, el mercado nacional mostró ser un espacio interesante para la comercialización de la carne de paiche, aunque aún no lo suficientemente grande para darle el gran impulso que necesita la paichicultura. Si bien, el paiche es considerado

Figura 24. Venta interna de carne de paiche (TM) entre los años 2010 - 2015. Fuente: Elaboración propia con datos de PRODUCE (2016).

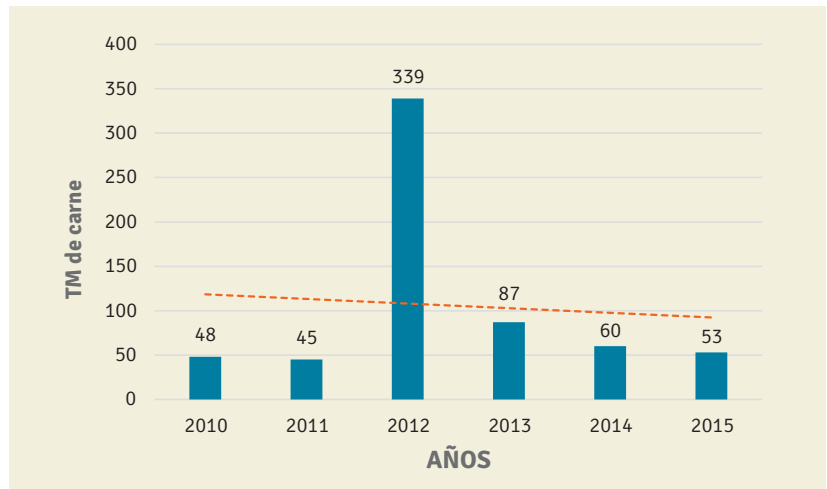
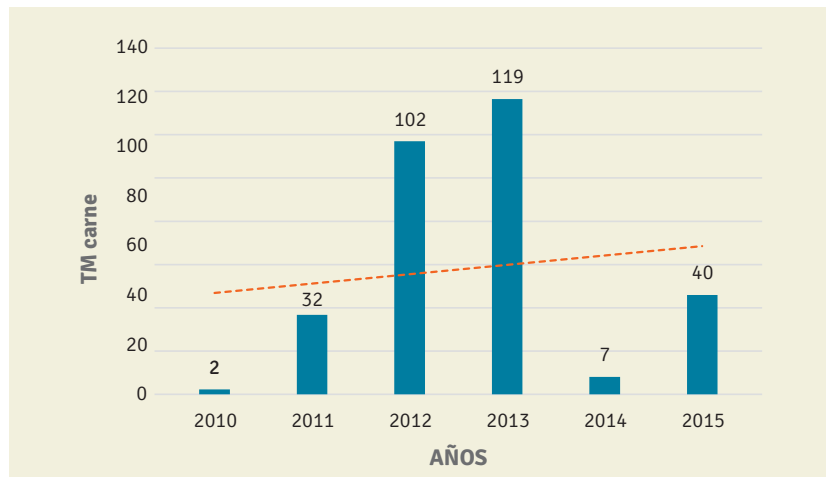


Figura 25. Exportaciones peruanas de carne de paiche (TM) entre los años 2010 - 2015. Fuente: Elaboración propia con datos de PRODUCE (2016).



un producto eminentemente de exportación, los datos oficiales de PRODUCE (2016), indican que el 47.4 % de la carne proveniente de acuicultura entre los años 2010 – 2015 (poco más de 632 TM), fueron comercializados en el mercado interno (Figura 24); mientras que en el periodo 2010 – 2015 el Perú exportó 302 TM de productos derivados del paiche (Figura 25), principalmente a EE.UU., generándose poco más de 4.44 millones de dólares americanos en divisas (PRODUCE 2016).

4.3. Valor agregado

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, esta especie posee excepcionales condiciones para su crianza. Su rápido crecimiento (IIAP-GOREU 2012) y su habilidad de respirar oxígeno atmosférico le confieren características adecuadas para su crianza en densidades de hasta 2.5 kg/m² (Pereira-Filho 2003, citado por Mueller 2006). La carne de paiche es de alta calidad como consecuencia de su composición química (72% de humedad, 5% de grasa, 21% de proteína y cenizas 1.3%) y su alta concentración de Omegas 3, 6 y 9, similar al salmón (Udewald 2005).

No existen dudas del potencial que tiene el paiche en el mercado internacional, lo que ha sido reportado por estudios y sondeos de mercado realizados en Europa (Suiza, Francia, Alemania), Asia y USA, destacando su comercialización como peces ornamentales (alevinos), carne, escamas para artesanías y pieles para la producción de cueros. En el 2004, Brasil fue el primer exportador de paiche (32%), seguido de Colombia (21%), Perú (16%) y Taiwán. El precio promedio en Europa, a nivel de importadores, está en S/. 33 soles por kilogramo congelado y en USA a S/. 39 soles en los supermercados (Mueller 2006), aunque el producto puede comercializarse también en las siguientes presentaciones:

Refrigerado Fresco	<ul style="list-style-type: none"> • Porciones y filetes en diferentes pesos y tamaños. • Enteros, sin vísceras, en pesos de 10 a 15 kg. • Filetes sin huesos ni piel, en pesos de 300 a 500 g.
Congelado	<ul style="list-style-type: none"> • Porciones y filetes en diferentes pesos y tamaños. • Enteros, sin vísceras IQF (congelado rápido individual). • Filetes IQF, sin huesos ni piel, en pesos de 300 a 500 g.
Ahumado	<ul style="list-style-type: none"> • Porciones y filetes ahumados en caliente o en frío, sin huesos ni piel, en pesos de 300 a 500 g.

Los principales importadores de paiche son Japón, China y USA. En el caso de los países asiáticos, la importación se realiza con fines ornamentales. En el caso de los Estados Unidos no solo se exporta como carne, sino también como cuero y escamas, que son comercializadas a través de páginas de internet como productos de denominación orgánica, amigable con el ambiente y cultural, para uso en marroquinería de alta calidad, artesanías y regalos.

El mercado europeo ha mostrado su interés, principalmente, en el filete congelado y para ello exige que el empaçado se realice en cajas de tecnopor, con fondo de material absorbente, con una capacidad de 3 a 5 kg como máximo, agregando hielo seco o “gel pack”. Para los filetes congelados se usan cajas de cartón parafinado de color blanco y cada uno de ellos debe pasar por un proceso de congelado y empaçado individual, para facilitar la manipulación de los clientes finales, por lo general restaurantes (Udewald 2005).

No obstante y a pesar de las exigencias actuales del mercado, la carne de paiche se adapta muy bien a los requerimientos de los compradores, siempre y cuando se cumpla con las regulaciones sanitarias, legales y administrativas del país importador. Es importante

indicar que el consumidor europeo no compra considerando exclusivamente el precio, sino que busca también la calidad y diversidad en la oferta, así como la garantía de productos ecológicos, sin presencia de hormonas o producidos a través de Organismos Genéticamente Modificados (Mueller 2006).

Ninguna actividad productiva puede desarrollarse de manera aislada, debido a que existen relaciones entre los agentes económicos que participan de manera conjunta y articulada en el proceso. En el caso del paiche, a la participación en la producción, en los riesgos y en los beneficios de su crianza y comercialización se la denomina Cadena Productiva, donde los productores de alevinos, los fabricantes de insumos y alimentos, la maquinaria y equipo, hasta el producto final, son los eslabones que conforman la cadena. Por ello, será necesaria una mayor integración de todos los componentes de la cadena, a fin de asegurar la producción y la productividad del paiche, contribuyendo de esta manera a presentar una oferta estable y sostenida al mercado nacional o internacional.

Finalmente, es importante mencionar que el éxito para asegurar el mercado se circunscribe a cuatro requerimientos claves: (i) volumen de producción, (ii) producto de óptima calidad, (iii) precios competitivos, y (iv) abastecimiento continuo. Para ello, en algún momento, los paichicultores deben crear y fortalecer la imagen de su producto de manera responsable y sostenible en el mercado. En este aspecto, la empresa Acuícola Los Paiches ha dado un paso muy importante hace poco, al posicionar el nombre “paiche” en el mercado internacional, cuando hasta ese entonces solo se reconocía al producto como “pirarucú”. El desarrollo de un programa de certificación a nivel nacional será necesario, recomendando hacerlo en el marco de la iniciativa BIOTRADE. La conservación del ecosistema amazónico, debe ser utilizada como una estrategia y valor agregado de mercadeo (Mueller 2006).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostinho AA, Thomaz SM, Gomes LC. 2005. Conservation of the biodiversity of Brazil's inland waters. *Conserv. Biol.*, 19(3): 646-652.
- Aho T, Rönn J, Piironen J, Björklund M. 2006. Impacts of effective population size on genetic diversity in hatchery reared Brown trout (*Salmo trutta* L.) populations. *Aquaculture*, 253(1-4): 244-248.
- Alcántara BF, Navas VM, Reyes RC, Chávez VC, Rodríguez CL, Tello MS, Chu-Koo F. 2010. Experiencias de reproducción inducida del paiche *Arapaima gigas* utilizando extracto de pituitaria de carpa (EPC) en el Centro de Investigaciones de Quistococha del IIAP. Libro de Resúmenes del Workshop Internacional Amazonía Occidental. Iquitos, Perú. 19-20p.
- Alcántara BF, Wust W, Tello MS, Rebaza AM, Del Castillo D. 2006. Paiche. El gigante del Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 69 p.
- Alvan-Aguilar MA, Chu-Koo FW, Baluarte MGC, Collado PLA, Velarde RDA. 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.
- Almeida FS, Sodré LMK, Contel EPB. 2003. Population structure analysis of *Pimelodus maculatus* (Pisces, Siluriformes) from the Tietê and Paranapanema Rivers (Brazil). *Genetics and Molecular Biology*, 26:301-305.
- Andrade-Porto SM, Cárdenas MQ, Martins ML, Oliveira JKQ, Pereira JN, Araújo CSO, Malta JCO. 2015. First record of larvae of *Hysterothylacium* (Nematoda: Anisakidae) with zoonotic potential in the pirarucu *Arapaima gigas* (Osteichthyes: Arapaimidae) from

- South America. *Brazilian Journal of Biology*, 75(4):790-795.
- Arantes C, Castello L. 2013. Implicações da biologia, ecologia e contagens para o manejo do pirarucu. En: *Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia*. Amaral FES. (Org.). Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. 33-42 p.
- Bastos NAM. 1995. Current knowledge on the *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817). *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi*. Serie zoológica 11:33-56.
- Bonar CJ, Poynton SL, Schulman FY, Rietcheck RL, Garner MM. 2006. Hepatic *Calyptospora* sp. (Apicomplexa) infection in a wild-born, aquarium-held clutch of juvenile *Arapaima gigas* (Osteoglossidae). *Diseases of Aquatic Organisms*, 70(1-2): 81-92.
- Brauner CJ, Val AL. 1996. The interaction between O₂ and CO₂ exchange in the obligate air breather, *Arapaima gigas*, and the facultative air breather, *Lipossarcus pardalis*. In: p. 101-110. Val AL, Almeida-Val VMF, Randall DJ. (Ed.). *Physiology and biochemistry of the fishes of the Amazon*. Manaus, INPA.
- Carreiro CRP, Furtado-Neto, MAA, Mesquita PEC, Bezerra TA. 2011. Sex determination in the Giant fish of Amazon Basin, *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes, Arapaimatidae), using laparoscopy. *Acta Amazonica*, 41(3): 415-420.
- Carvajal-Vallejos FM, 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 FM & Molina CJ. (Eds). 367-395 p.
- Castello L, Stewart DJ. 2010. Assessing CITES non-detriment procedures for *Arapaima* in Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 49-56.
- Cavero BAS, Ituassu DR, Pereira-Filho M, Roubach R, Bordinhon AM, Fonseca FAL, Ono EA. 2003. Uso de alimento vivo como dieta inicial no treinamento alimentar de juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 1011-1015.
- Cavero BA, Pereira-Filho M, Bordinhon AM, Fonseca FA, Ituassú DR, Roubach R, Ono EA. 2004. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39 (5): 513-516.
- Chaves AC. 2009. Ecologia do pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) na várzea da reserva de Desenvolvimento sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Zoologia. Universidade Estadual de Santa Cruz. 71 p.
- Chu-Koo F, Alcántara BF. 2009. Cultivo de paiche doméstico. Perspectivas económicas. *Pesca Responsable*, 57 (marzo-abril): 32-33.
- Chu-Koo F, Dugue R, Alvan AM, Casanova DA, Alcántara BF, Chávez CV, Duponchelle F, Renno J-F, Tello MS, Núñez J. 2009. Gender determination in the Pirarucu or Paiche *Arapaima gigas* using plasma vitellogenin, 17-β

- Estradiol, and 11-ketosterone levels. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(1):125-136.
- Chu-Koo F, Napuchi LJ, Rodríguez CI, Prada J, Floríndez R, Arévalo L, Tello S. 2010. Efecto de cuatro temperaturas en el crecimiento y sobrevivencia de alevinos de paiche *Arapaima gigas*. Libro de Resúmenes del Workshop Internacional Amazonía Occidental. Iquitos, Perú. p17.
- Chu-Koo F, Sandoval M, García JC, Yuto J. 2006. Feasibility of using internal pit tags in paiche (*Arapaima gigas*) juveniles. <https://www.was.org/Meetings/AbstractData.asp?AbstractId=11194>.
- Chu-Koo F, Sánchez SN, Perea SC, Panduro TD, Alvan-Aguilar M, Alcántara F, Rebaza C, Tello S, Ferrer R, Núñez J. 2012. Estado actual del cultivo de paiche o pirarucu en el Perú. *Infopesca Internacional*, 52: 21-25.
- Chu-Koo F, Tello S. 2010. Producción de semilla de paiche (*Arapaima gigas*) en Loreto, Perú. *Infopesca Internacional*, 41(enero-marzo): 30-35.
- Chu-Koo FW, Valdivieso M, Tello S, Rebaza M, Rebaza C, Deza S, Alcántara FB. 2007. Análisis económico de la crianza del paiche o pirarucu (*Arapaima gigas*) en jaulas flotantes en un lago amazónico peruano. *Infopesca Internacional*, 30 (1): 28-31.
- Cuvier G, Valenciennes A. 1847. Histoire naturelle des Poissons. Tome dix-neuvième. Suite du livre dix-neuvième. Brochets ou Lucioi des. Livre vingtième. De quelques familles de Malacoptérygiens, intermédiaires entre les Brochets et les Clupes. Bertrand, Paris. v. 19:i-xix + 1-544 + 6 pp., pls. 554-590 [not 520-556].
- Darias MJ, Ortiz-Delgado JB, Sarasquete C, Martínez-Rodríguez G, Yúfera M. 2007. Larval organogenesis of *Pagrus pagrus* L., 1758 with special attention to the digestive system development. *Histology and Histopathology*, 22 (7): 753-768.
- Darias MJ, Castro-Ruiz D, Estivals G, Quazuguel P, Fernández-Méndez C, Núñez-Rodríguez J, Clota F, Gilles S, García-Dávila C, Gisbert E, Cahu C. 2015. Influence of dietary protein and lipid levels on growth performance and the incidence of cannibalism in *Pseudoplatystoma punctifer* (Castelnau, 1855) larvae and early juveniles. *Journal of Applied Ichthyology*, 31 (4): 74-82.
- Darias MJ, Ortiz-Delgado JB, Sarasquete C, Martínez-Rodríguez G, Yúfera M. 2007. Larval organogénesis of *Pagrus pagrus* L., 1758 with special attention to the digestive system development. *Histology and Histopathology*, 22 (7): 753-768.
- Darias MJ, Estivals G, Fernández-Méndez C, Castro-Ruiz D, Bazán R, Rebaza C, Núñez-Rodríguez J, García-Dávila C, Gisbert E (in prep). Early weaning and the histology of the digestive system of juvenile *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) reared in a recirculation system.
- Del Risco M, Velásquez J, Padilla P, Mori-Pinedo L, Chu-Koo F. 2008. Efectos de tres niveles proteicos dietarios en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Folia Amazónica*, 17(1-2):29-37.

- Dugue R, Chu-Koo FW, Alcántara FB, Duponchelle F, Núñez JR. 2008. Purification and assay of *Arapaima gigas* vitellogenin: potential use for sex determination. *Cybium International Journal of Ichthyology*, 31:111.
- Eiras JC, Takemoto RM, Pavanelli GC. 2010. Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil. Maringá: Clichetec, 333 p.
- Farias IP, Leão A, Almeida YS, Verba JT, Crossa MM, Honczaryk A, Hrbek T. 2015. Evidence of polygamy in the socially monogamous Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Osteoglossiforme, Arapaimidae). *Neotropical Ichthyology*, 13(1): 198-20.
- Feijó MM, Arana S, Cecarelli PS, Adriano EA. 2008. Light and scanning electron microscopy of *Henneguya arapaima* n. sp. (Myxozoa: Myxobolidae) and histology of infected sites in pirarucu (*Arapaima gigas*: Pisces: Arapaimidae) from the Araguaia River, Brazil. *Veterinary Parasitology*, 157: 59-64.
- Ferguson A, Taggart JB, Prodohl PA, McMeel O, Thompson C, Stone C, McGinnity P, Hynes RA. 1995. The application of molecular markers to the study and conservation of fish populations, with special reference to Salmo. *Journal of Fish Biology*, 47: 103-126.
- Fernández-Méndez C, Troncoso A, Green S, Gonzales A, Ruiz J, Chirinos C. 2016. Adaptación al consumo de alimento balanceado de alevinos de paiche *Arapaima gigas* en condiciones controladas. In: LAQUA16: Abstracts. Lima: LAQUA16, WAS, 2016, p. 105.
- Fontenele O. 1948. Contribuição para o conhecimento da biologia do pirarucu, "*Arapaima gigas*" (Cuvier) em cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). *Ver. Brasil. Biol.* 8(4): 445-459.
- García-Dávila C, Castro-Ruiz D, Chota-Macuyama W, Biffi C, Deza S, Bazán R, García J, Rebaza M, Rebaza C, Chávez C, Chu-Koo F, Duponchelle F, Núñez J, Renno J-F. 2011. Caracterización genética de ejemplares de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) utilizados en el repoblamiento del Lago Imiria (cuenca del río Ucayali). *Folia Amazónica*, 20(1-2): 67-75.
- García-Dávila C, Castro-Ruiz D, Trigoso, D, Chota-Macuyama W, García J, Renno, J.-F. 2012. Lineamientos generales para el repoblamiento de peces amazónicos en ambientes naturales. *Folia Amazónica*, 21(1-2): 157-160.
- Godinho H, Santos J, Formagio P, Guimarães-Cruz R. 2005. Gonadal morphology and reproductive traits of the Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz 1822). *Acta Zoológica*, 86: 289-294.
- Gomes AL., Santos MS, Costa AB, Correa MV, Varella AB. 2006. Riqueza de helmintos parasitas do estômago de Pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) coletados na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Tefé, Amazonas (Brasil). In: CONGRESO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA 2006 (CIVA 2006), 4., 2006. Comunicación científica... [S.l.: s.n.]. p. 891-895.
- Guerra H. 1980. Desarrollo sexual del paiche (*Arapaima gigas*) en las zonas reservadas del Estado (ríos Pacaya y

- Samiria) 1971-1975. Instituto del Mar del Perú. Informe N° 67. 17 p.
- Guerra H, Alcántara F, Padilla P, Rebaza M, Tello S, Ismiño R, Rebaza C, Montreuil V, Ascon G, Iberico J, Limachi L, Deza S. 2002. Producción y manejo de alevinos de paiche. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 98p.
- Gunther A. 1868. Catalogue of the Fishes of the British Museum. Catalogue of the Physostomi, containing the Families Heteropygii, Cyprinidae, Gonorhynchidae, Hyodontidae, Osteoglossidae, Clupeidae, Chirocentridae, Alepocephalidae, Notopteridae, Halosauridae, in the Collection of the British Museum v. 7:i-xx + 1-512.
- Imbiriba E. 1994. Reprodução, larva e alevinagem do pirarucu (*Arapaima gigas*). EMBRAPA-CPATU. Recomendações básicas, 26: 1-4 p.
- Leuzzi MSP, Almeida FS, Orsi ML, Sodr  MLK. 2004. Analysis by RAPD of the genetic structure of *Astyanax altiparanae* (Pisces, Characiformes) in reservoirs of the River Paranapanema. *Genetics and Molecular Biology*, 27:355-362.
- Lima DQH. 2000. Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonia Várzea: Red giants in muddy Waters. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, University of St Andrews. 222p.
- Lima DQH, Drummond SA. 2009. A preservação e o uso sustentado dos pirarucus em Mamirahuá. En: Estratégias para manejo de recursos pesqueiros em Mamirahuá. Lima DQH, & Crampton W. (Eds). 108-141 p.
- Lima AF, Sousa EV, Maciel PO, Alves AL, Rodrigues APO, Torati LS, Mataveli M, Bezerra TA. 2015. Manejo de plantel de reprodutores de pirarucu. EMBRAPA. Brasília DF, 108p.
- Lopera-Barrero NM, Pereira-Ribeiro R, Povh JA, Gomes PC, Vargas L, Nogueira de Oliveira S. 2008. Caracterización genética de lotes de peces usados en programas de repoblamiento y su importancia en la conservación genética en la piscicultura. *Zootecnia Tropical*, 26(4): 515-522.
- Mathews P, Chu-Koo F, Oliveira JC, Gomes AL, Varella AMB, Tello S. 2007a. Fauna ectoparasitaria en alevinos de paiche *Arapaima gigas* (Shinz 1822) cultivados en el Centro de Investigaciones de Quistococha. *Folia Amazónica*, 16(1-2): 23-27.
- Mathews P, Oliveira JC, Ismiño R, Chu-Koo F, Gomes AL, Tello S. 2007b. Metazoarios parásitos de paiches adultos *Arapaima gigas* (Osteoglossiformes: Arapaimidae) cultivados en la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 16(1-2): 63-68.
- Melo DC, Oliveira DAA, Ribeiro LP, Teixeira CS, Souza AB, Coelho EGA, Crepaldi DV, Teixeira EA. 2006. Caracterização genética de seis plantéis comerciais de tilápia (*Oreochromis*) utilizando marcadores microsatélites. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 58(1): 87-93.
- Menezes RC, Santos SMC, Ceccarelli PS, Tavares LER, Tortelly R, Luque JL. 2011. Alterações teciduais em pirarucu, *Arapaima gigas*, infectado por *Goezia spinulosa* (Nematoda). *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 20(3): 207-209.

- Mendes DSG, Ferreira EJ, Zuanon JA. 2006. Peixes comerciais de Manaus. Manaus: Ibama/AM, ProVárzea. 141p.
- 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). 235-245 p.
- Miranda LH, Marchiori N, Alfaro CR, Martins ML. 2012. First record of *Trichodina heterodentata* (Ciliophora: Trichodinidae) from *Arapaima gigas* cultivated in Peru. *Acta Amazonica*, 42 (3): 433-438.
- Monteiro LBB, Soares MCF, Catanho MTJ, Honczaryk A. 2010. Aspectos reprodutivos e perfil hormonal dos esteróides sexuais do pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822), em condições de cativeiro. *Acta Amazonica*, 40(3): 435-450.
- Moravec F, Scholz T, Kuchta R, Dyková I, Posel, P. 2006. New data on the morphology of *Nilonema senticosum* (Nematoda, Philometridae), a parasite of *Arapaima gigas* (Pisces), with notes on another philometrid, *Alinema amazonicum*, in Peru. *Acta Parasitologica*, 51 (4):279-285.
- Mueller O. 2006. *Arapaima gigas* Market Study. Current status of *Arapaima* global trade and perspectives on the Swiss, French and UK markets. Editado por UNCTAD / BioTrade Facilitation Programme.
- Navas VME, Reyes RCE. 2014. Avances en la reproducción inducida y aspectos nutricionales del paiche *Arapaima gigas* (Pisces: *Arapaimidae*) en condiciones controladas. Tesis para optar el Grado de Magister en Acuicultura. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos, Perú. 74 p.
- Núñez J, Chu-Koo F, Arévalo L, Shultz O, Berland M, Duponchelle F, Renno J-F. 2011a. Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas*, in the region of Iquitos, Peru. *Aquaculture Research*, 42: 815-822.
- Núñez J, Dugue R, Alvan AM, Alcántara BF, Chávez CV, Duponchelle F, Renno J-F, Tello MS, Chu-Koo F. 2011b. Avances en el sexaje del paiche o pirarucu. In: Núñez, J., Chu-Koo F, Porto J. & García Dávila, CR (eds.). Comunicaciones del II Workshop sobre Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura. 138-143p.
- Núñez J, Duponchelle F, Cotrina-Doria M, Renno J-F, Chávez-Veintemilla C, Rebaza C, Deza S, García-Dávila C, Chu-Koo F, Tello S, Baras E. 2015. Movement patterns and home range of wild and re-stocked *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) monitored by radio-telemetry in Lake Imiria, Peru. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(4): 10-18.
- SEBRAE. 2013. *Manual de boas práticas de produção do pirarucu em cativeiro*. Brasília. 46p.
- PEDICP 2013. Programa de manejo pesqueiro de las especies paiche (*Arapaima gigas*) y arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*) en los sectores medio y bajo Putumayo. 78p.

- Pereira-Filho M, Lima A, Moreira A, Cavero SBA, Rabello D, Akifumi AM, Leão DFFA, Moreira DSJA, Roubach R, Crescêncio R. 2003. *Arapaima gigas*: Notas sobre seu cultivo no INPA. En: Seminario Taller Internacional de Manejo de paiche o pirarucu. Alcántara F & Montreuil V. (Eds.) 93-109p.
- Povh JA, Lopera-Barrero NM, Ribeiro RP, Lupchinski Jr. E, Gomes PC, López TS. 2008. Monitoreo genético en programas de repoblamiento de peces mediante marcadores moleculares. *Cien. Inv. Agr.*, 35(1): 5-15.
- PRODUCE. 2016. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Ministerio de la Producción. Lima, 196p.
- Rebaza AM, Alcántara BF, Valdivieso M. 1999. Manual de piscicultura del paiche (*Arapaima gigas* Cuvier). Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaria pro tempore. 71 p.
- Rebaza AM, Rebaza AC, Deza TS. 2003. Observaciones de la reproducción de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier) em ambientes controlados en el IIAP Ucayali. En: Seminario taller internacional de manejo de paiche o pirarucu. Alcántara F & Montreuil V. (Eds.) 111-123p.
- Rebaza-Alfaro C, Rebaza-Alfaro M., Chu-Koo FW. 2006. Optimal feeding rate for Paiche *Arapaima gigas* fingerlings using a pelleted diet. Book of Abstracts. America Aquaculture 2006. Las Vegas, EE.UU. <https://www.was.org/Meetings/AbstractData.asp?AbstractId=9723>.
- Rebelatto JIA, Lima AF, Rodrigues APO, Maciel PO, Kato HCA, Mataveli M, Rezende FP, Varela ES, Sousa ARB, Santos C, Bojink CL, Yoshioka ETO, O'Sullivan FLA. 2015. Reprodução e engorda do pirarucu: levantamento de processos produtivos e tecnologias. EMBRAPA. Brasília DF. 102p.
- Reis R, Kullander S, Ferraris C. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Museu de Ciências e Tecnologia-Pontificia Universidad Católica do Rio Grande do Sul. 727p.
- Rodrigues APO, Vitti MG, Verdolin DSVR. 2015. Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Palmas, Tocantins. Embrapa Pesca e Aquicultura, 24p.
- Saavedra RJ, Collado PL. 2016. Manejo de reproductores y alevinos de paiche en sistemas de estanques. Gobierno Regional de Ucayali. Dirección Regional de la Producción de Ucayali. Pucallpa. 27pp.
- Salvo RH, 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. 48 p.
- Santos SMC, Ceccarelli PS, Luque J L. 2008. Helmintos parasitos do pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Osteoglossiformes: Arapaimidae), no Rio Araguaia, Estado de Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 17(3): 171-173.
- Schaefer F, Kloas W, Wurtz S. 2012. *Arapaima*: Candidate for intensive freshwater culture. *Global Aquaculture Advocate* (noviembre-diciembre):50-51.

- Silva EGO, Silva E, Melo GMP. 2015. Indução de desovas da matriz do *Arapaima gigas* criada em cativeiro na piscigranja Boa Esperança nos municípios de Pimenta Bueno e Primavera de Rondônia no estado de Rondonia. III Encontro de Pós-Graduação e IX Encontro de Iniciação Científica – Universidade Camilo Castelo Branco.p169-170.
- Sønstebø JH, Borgstrøm R, Heun M. 2007. Genetic structure of brown trout (*Salmo trutta* L.) from the Hardangervidda mountain plateau (Norway) analyzed by microsatellite DNA: a basis for conservation guidelines. *Conserv. Genet.*, 8(1): 33-44.
- Souza RFC, Junior GJR, Fonseca AF, Luz RK, Takata R. 2015. Períodos de condicionamento alimentar de juvenis de pirarucu na transição da alimentação de ração úmida para seca. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 59(7): 622-625.
- Stewart DJ. 2013a. A new species of *Arapaima* (Osteoglossomorpha: Osteoglossidae) from the Solimoes River, Amazonas State, Brazil. *Copeia*, (3):470-476.
- Stewart DJ. 2013b. Re-description of *Arapaima agassizii* (Valenciennes), a rare fish from Brazil (Osteoglossomorpha: Osteoglossidae). *Copeia*, (1):38-51
- Thatcher VE. 2006. Amazon fish parasites. 2nd ed. Pensoft: Sofia-Moscow, 508 p.
- Udewald R. 2005. Potencial de peces amazónicos en el mercado alemán: paiche, gamitana y dorado. Editado por PNPB-PROMPEX, Perú.
- Val LA, De Almeida-Val VMF. 1995. Fishes of the Amazon and their environment: physiological and biochemical aspect. Springer-Verlag Berlin, Germany.
- Velásquez J, Del Risco M, Chu-Koo F, Alcántara F, Chávez CA, Marichín H, Tello S. 2007. Protocolo de adaptación de alevinos de paiche *Arapaima gigas* al consumo de alimento artificial en cautiverio. *Folia Amazónica*, 16(1-2): 7-10.
- Yúfera M, Darias MJ. 2007. The onset of exogenous feeding in marine fish larvae. *Aquaculture*, 268: 53-63.
- Yuto J. 2006. Influencia de la alimentación con peces forraje en el crecimiento y en la caracterización proteica de juveniles de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) (Pisces: Arapaimidae) criados en cautiverio. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 83p.

ANEXO 1

Ficha A. Registro de los datos de origen de los ejemplares componentes del plantel de paiches reproductores del Fundo Galicia, Km. 29 Carretera Iquitos-Nauta, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto.

Fecha Nacimiento	Fecha Compra	Código de Chip	Procedencia (Fundo/Cuenca)	Chip Padre	Procedencia Padre (Fundo/Cuenca)	Chip Madre	Procedencia Madre (Fundo/Cuenca)	Sexo	Método Sexaje	Talla (cm)	Peso (kg)	Observaciones
12-11-2010	30-01-2016	9091002311	Fundo Luna Azul	740901210	Río Pacaya	740901157	Cocha Dorado/ Río Pacaya	M	Vitelogenina	181	74.7	Sembrado en el Estanque 3
22-10-2010	30-01-2016	9091002317	Fundo Luna Azul	740901222	Río Pacaya	740901159	Cocha Zapote/ Río Pacaya	F	Vitelogenina	178	71.2	Sembrado en el Estanque 3
18-12-2010	05-02-2016	9091002328	Fundo San Pedro	111012336	Río Putumayo	111012355	Río Putumayo	F	Vitelogenina	175	70.1	Sembrado en el Estanque 2
25-01-2011	05-02-2016	9091002409	Fundo San Pedro	111012342	Río Putumayo	111012321	Río Putumayo	F	Vitelogenina	186	78.6	Sembrado en el Estanque 2
25-02-2010	13-02-2016	9091002416	Fundo San Pedro	111012356	Río Putumayo	111012324	Río Putumayo	M	Coloración	181	75.1	Sembrado en el Estanque 2
DND	22-08-2015	1000093301	Río Samiria	DND		DND		M	Coloración	170	68.5	Sembrado en el Estanque 1
DND	22-08-2015	1000093280	Río Samiria	DND		DND		F	Coloración	172	69.2	Sembrado en el Estanque 1
DND	22-08-2015	1000093210	Río Samiria	DND		DND		M	Coloración	177	72.5	Sembrado en el Estanque 1

ANEXO 2

Ficha B. Registro de desempeño zootécnico de los ejemplares que conforman el plantel de paiches reproductores del Fundo Galicia, Km. 29, Carretera Iquitos-Nauta, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto.

Fecha de Muestreo	Razón del Muestreo	Nº de Chip	Sexo	Nº de Estanque	Talla (cm)	Peso (kg)	Tipo Alimento	Tasa Alimenticia	Frecuencia Alimenticia	Presencia de Parásitos	Observaciones
15-01-2017	Monitoreo del crecimiento	9091002311	M	3	192	88.7	Extrusado 40% PB	1%	Interdiario	No	
15-01-2017	Monitoreo del crecimiento	9091002317	F	3	189	86.4	Extrusado 40% PB	1%	Interdiario	No	
15-01-2017	Monitoreo del crecimiento	9091002328	F	2	186	82.2	Extrusado 40% PB	1%	Interdiario	No	
15-01-2017	Monitoreo del crecimiento	9091002409	F	2	192	86.7	Extrusado 40% PB	1%	Interdiario	No	
15-01-2017	Monitoreo del crecimiento	9091002416	M	2	194	89.9	Extrusado 40% PB	1%	Interdiario	No	
16-01-2017	Falta de apetito	1000093301	M	1	184	83.5	Pescado Congelado + Forraje	2%	Interdiario	Sí	Se observan ectoparásitos de color verdoso en la zona dorsal posterior a la cabeza. La apariencia indica que posiblemente sean de los géneros Argulus y/o Dolops.
16-01-2017	Falta de apetito	1000093280	F	1	189	87.9	Pescado Congelado + Forraje	2%	Interdiario	Sí	Se observan ectoparásitos de color verdoso en toda la cabeza del pez, desde la base, pasando por los opérculos hasta alcanzar la zona dorsal y extenderse hasta el lomo. Posiblemente sean de los géneros Argulus y/o Dolops.
16-01-2017	Falta de apetito	1000093210	M	1	191	89.2	Pescado Congelado + Forraje	2%	Interdiario	Sí	Se observan ectoparásitos de color verdoso en la zona dorsal posterior a la cabeza. La apariencia indica que posiblemente sean de los géneros Argulus y/o Dolops.

ANEXO 3

Ficha C. Registro de desempeño reproductivo del plantel de paiches reproductores del Fundo Requena, Km. 44.2, Carretera Iquitos-Nauta, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto.

N° de Estanque	Chip Padre	Chip Madre	Fecha de Detección de las crías	Fecha de Verificación de Nacimiento	N° Acta de Verificación	Fecha de Levante	N° Acta de Levante	N° de Alevinos Levantados	Talla de Levante (cm)	Destino	Tasa de Supervivencia
10	9091002234	9091002543	10-11-2016	14-11-2016	AV-022-2016-DRA-DIREPRO-L	28-11-2016	AL-020-2016-DRA-DIREPRO-L	2152	3.8	Lote 1: 1500 peces vendidos a Acuario Rodriguez SAC Lote 2: 352 peces vendidos al Fundo Los Lirios.	86.06%
11	9091003409	9091002119	12-12-2016	17-12-2016	AV-034-2016-DRA-DIREPRO-L	18-01-2017	AL-029-2016-DRA-DIREPRO-L	1890	6.2	1750 peces vendidos a Corporación Exportadora Peruvian Ornamental Fish	92.6%



El cultivo
del **paiche**
BIOLOGÍA, PROCESOS PRODUCTIVOS,
TECNOLOGÍAS Y ESTADÍSTICAS

ISBN: 978-612-4372-01-8

