

II COLOQUIO DE LA RED DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA ICTIOFAUNA AMAZÓNICA

BIOLOGÍA DE LAS POBLACIONES DE PECES AMAZÓNICOS Y PISCICULTURA

**Comunicaciones del II Workshop Internacional
28-30 de octubre 2009
Manaus, Brasil**

Editores:
Jesús Núñez Rodríguez
Fred Chu Koo
Jorge Rebelo Porto
Carmen R. García Dávila

Biología de las Poblaciones de Peces Amazónicos y Piscicultura

**II COLOQUIO DE LA RED DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA ICTIOFAUNA
AMAZÓNICA
(RIIA)**

<http://www.riiaamazonia.org>

28-30 de Octubre 2009 - Manaus (Brasil)

Coloquio financiado por el IRD, el INPA y el IIAP con la participación de la Cooperación Francesa Regional para los países Andinos.



Institut de recherche
pour le développement



Institut de Recherche pour le Développement – IRD, 44 boulevard de
Dunkerque, CS 90009
F-13572 Marseille Cedex 02, France. <http://www.ird.fr>

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Av. André Araújo,
2936, 69060-001 Manaus (Brasil). <http://www.inpa.gov.br>

Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP, Av Abelardo
Quiñones Km. 2.5 Iquitos – Perú. <http://www.iiap.org.pe>

Cita bibliográfica:

Jesús Núñez, Fred Chu-Koo, Jorge Porto & Carmen R. García-Dávila, (editores)
(2011). Biología de las Poblaciones de Peces Amazónicos y Piscicultura.
Comunicaciones del Segundo Coloquio Internacional de la Red de
Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica (RIIA), Manaus, Brasil. 201 p.

© IRD – Lima, Agosto 2011
Institut de Recherche pour le Développement
357 Calle Teruel, Miraflores, Lima 18, Perú.

Editores:

Jesús Núñez Rodríguez, Fred Chu Koo,
Jorge Rebelo Porto & Carmen R. García Dávila

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2011-11428
ISBN: 978-612-46077-0-7

Impresión: *Punto & Grafía S.A.C.* Av. Del Río 113, Pueblo Libre T: 332-2328

Prefacio

El acelerado crecimiento demográfico que viene sufriendo la Amazonía en los últimos años ha ocasionado un aumento en la demanda de proteína animal en la región. Los peces son la fuente de proteína más importante en la Amazonía continental, por lo que constituyen un recurso importante para el desarrollo socio- económico en esta extensa área geográfica. Actualmente la explotación comercial de este recurso está basada principalmente en la extracción directa del medio natural, lo que incrementa la presión sobre los stocks pesqueros de las principales especies. Esto muestra la urgente necesidad de incrementar los conocimientos sobre los aspectos principales de su biología (variabilidad genética, características de reproducción, crecimiento y alimentación), así como establecer las principales

zonas de colecta y evaluar los impactos de esta actividad sobre las poblaciones naturales. Esto permitirá establecer planes de manejo sostenido que conlleven a la conservación de las especies en la naturaleza.

Conjuntamente se deben desarrollar métodos de cultivo más eficientes para las especies ya cultivadas, e introducir la piscicultura de nuevas especies nativas de valor comercial, con el pleno conocimiento y manejo del recurso. La adquisición de conocimientos fundamentales de los mismos, como son: la determinación de sexos en algunas especies que no presentan dimorfismo sexual externo, la obtención de la reproducción inducida en especies de gran valor económico, el desarrollo de dietas alimenticias adecuadas, y el control de parásitos y enfermedades, entre otros. Todo esto con el objeto de aliviar la presión sobre las poblaciones naturales, así como aumentar el nivel de vida del poblador amazónico.

La Red de Investigaciones sobre la Ictiofauna Amazónica (RIIA), consciente de la importancia de la globalización para el desarrollo pesquero en la Amazonía, realiza reuniones periódicas para actualizar y socializar los avances alcanzados en los estudios sobre los rasgos de vida, la genética y la piscicultura en la Amazonía continental. También busca crear alianzas estratégicas entre los miembros de la red que conlleven a un mayor avance y minimicen la pérdida de tiempo y recursos por la duplicación de investigaciones. La primera reunión de la RIIA fue realizada entre el 27 al 29 de junio del 2005 en la ciudad de Iquitos (Amazonía peruana) y sirvió como punto de partida para estrechar las comunicaciones, así como para intercambiar informaciones, pero fundamentalmente buscó despertar el espíritu de trabajo cooperativo entre sus miembros. Esta última reunión de la RIIA, realizada del 28 al 30 de Octubre del 2009, sirvió para afianzar estas alianzas, permitiendo además del intercambio de

información, la constitución de grupos temáticos de investigación. Abordando desde asuntos de investigación básica como la evolución de los peces amazónicos, la genética de poblaciones y los rasgos de vida, hasta investigaciones aplicadas del área de la piscicultura.

Este libro presenta algunos de los avances más importantes en las tres temáticas de la Red. Su realización ha sido posible gracias al apoyo de las tres instituciones organizadoras del evento, IRD, IIAP y INPA, y a la eficacia de los cuatro editores científicos a cargo de la compilación y edición de los trabajos presentados en Manaus.

Iquitos y Lima, Agosto 2011

Dr. Gérard Hérail

Représentante del Institut de
Recherche pour le
Développement (IRD) en el Perú

Dr. Luis E. Campos Vaca

Presidente del Instituto de
Investigaciones de la
Amazonia Peruana (IIAP)

Contenido

GENÉTICA Y EVOLUCIÓN

BIODIVERSIDAD Y EVOLUCIÓN DE LOS PECES EN AMAZONÍA 11

Jean-François Renno, Fernando Carvajal-Vallejos, Juan Pablo Torrico, Fabrice Duponchelle, Jesus Nuñez, Carmen García-Dávila, Susana Sirvas, François Bonhomme, Erick Desmarais & Nicolas Hubert

EVIDÊNCIA DE LINHAGENS GENÉTICAS DISTINTAS EM *Nannostomus eques* (LEBIASINIDAE), *Carnegiella strigata* E *C. marthae* (GASTEROPELECIDAE) DA BACIA DO RIO NEGRO-AM 21

Maria Leandra Terencio, Carlos Henrique Schneider & Jorge Ivan Rebelo Porto

POLIMORFISMO MOLECULAR DE LA VARIACIÓN DE LA LONGITUD DE LOS INTRONES (EPIC-PCR) EN *Apistogramma* sp., PECES ORNAMENTALES DE LA AMAZONÍA PERUANA 29

Susana Sirvas, Evelyn Briceño, Betty Gamero, Jesús Nuñez, Fabrice Duponchelle, Catalina Díaz & Jean François Renno

VARIABILIDADE GENÉTICA DO GÊNERO *Brachyplatystoma* NA AMAZÔNIA. 37

K. Formiga-Aquino, J. S. Batista, G. C. M. P. Huergo, S. R. Briglia-Ferreira, F. C. Rodrigues & J. A. Alves-Gomes

FILFOGENIA MOLECULAR DEL GENERO *Pseudoplatystoma* (BLEEKER, 1862): IMPLICACIONES BIOGEOGRÁFICAS Y EVOLUTIVAS 47

J.P. Torrico; N. Hubert, E. Desmarais, F. Duponchelle, J. Nuñez-Rodríguez, J. Montoya-Burgos, C. García-Dávila, F.M. Carvajal-Vallejos, A.A. Grajales, F. Bonhomme & J.F. Renno

VARIACIÓN HAPLOTÍPICA (DNAMT) DEL DORADO -*Brachyplatystoma rousseauxii* - EN EL ALTO MADERA, BOLIVIA..... 53

Fernando M. Carvajal-Vallejos, Fabrice Duponchelle, Juan Pablo Torrico, Jesús Nuñez Rodríguez, Carmen García-Dávila, Sophie Quérouil, Susana Sirvas & Jean-François Renno

AVANCES DEL USO DEL “BARCODING” EN LA IDENTIFICACIÓN DE LARVAS DE BAGRES (SILURIFORMES) EN LA AMAZONIA PERUANA 61

Carmen García-Dávila, Werner Chota-Macuyama, Diana Castro-Ruiz, Gian-Carlo Vásquez, Mike Corazón, Juan García, Fernando Carvajal, Homero Sánchez, Fabrice Duponchelle, Jesús Núñez, Fred Chu-Koo & Jean-François Renno

BIOLOGÍA - ECOLOGÍA

ESTRATÉGIAS DE VIDA E CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES DE PEIXES NA AMAZÔNIA CENTRAL 73

Nidia Noemi Fabré & Vandick da Silva Batista

PADRÃO DE VARIAÇÃO TEMPORAL DE PARÂMETROS REPRODUTIVOS DA ASSEMBLÉIA DE PEIXES DA AMAZÔNIA CENTRAL 81

Sidinea Amadio & Jansen Zuanon

CICLO DE VIDA, MERCADO EM REDE E CONSERVAÇÃO DOS GRANDES BAGRES MIGRADORES DA AMAZÔNIA NO RIO SOLIMÕES, BRASIL 87

André de Oliveira Moraes & José A. Alves-Gomes

SOBREEXPLOTACIÓN PESQUERA DEL DORADO EN LA AMAZONÍA PERUANA 93

Fabrice Duponchelle, Aurea García, Fernando Carvajal, Jesus, Nuñez, Salvador Tello, Fred-Chu-Koo & Jean-François Renno

CONTEXTO DE LA PESCA TRANSFRONTERIZA DE LOS BAGRES EN LA REGION SUR-ORIENTAL DE LA AMAZONIA COLOMBIANA 101

Edwin Agudelo Córdoba & Juan Carlos Alonso González

UMA ABORDAGEM EVOLUTIVA SOBRE A ATIVIDADE ESPONTÂNEA DA DESCARGA DO ÓRGÃO ELÉTRICO DE *Microsternarchus* (GYMNOTIFORMES: HYPOPOMIDAE) 117

A. Nogueira & J.A. Alves-Gomes

UTILIZAÇÃO DE *Microsternarchus bilineatus* COMO BIOMONITOR: O EFEITO DE COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS DERIVADOS DO PETRÓLEO NA DESCARGA DO ÓRGÃO ELÉTRICO 125

Diana José dos Santos Ferreira & José Antônio Alves-Gomes

IMPACTS OF PHENANTHRENE ON TAMBAQUÍ *Colossoma macropomum*: LC₅₀, GROWTH AND HEMATOLOGY 131

Carlos Chávez V. & Adalberto Val

PISCICULTURA

PISCICULTURA AMAZÔNICA: POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO EM REDE..... 137

Evoy Zaniboni-Filho

AVANCES EN EL SEXAJE DEL PAICHE O PIRARUCU..... 143

Jesús Núñez, Rémi Dugué, Miriam Alván-Aguilar, Fabrice Duponchelle, Jean François Renno, Carlos Chávez & Fred Chu-Koo

CRECIMIENTO, CONVERSIÓN ALIMENTICIA Y SOBREVIVENCIA DE PACO (*Piaractus brachipomus*) CULTIVADO EN ESTANQUES CON Y SIN REVESTIMIENTO DE GEOMEMBRANAS EN LA AMAZONÍA PERUANA 151

Astrid Dañino Pérez, Omar Nash Ramírez, Fred Chu-Koo & Luis Mori-Pinedo

RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LA GAMITANA (*Colossoma macropomum*) CULTIVADA EN ESTANQUES CON Y SIN REVESTIMIENTO DE GEOMEMBRANAS EN LA AMAZONÍA PERUANA 159

Astrid Dañino Pérez, Omar Nash Ramírez, Fred Chu-Koo

ZUNGARO TIGRINUS *Brachyplatystoma tigrinum* (Britsky, 1981): NOTAS SOBRE SU CULTIVO EN EL IIAP 167

Carlos Chávez V., Fernando Alcántara B., Germán Murrieta M., Teddy Barbarán R., Alfonso Bernuy R., Fred Chu K., Homero Sánchez R., Salvador Tello M. & Jesús Núñez R.

CARACTERIZACIÓN DE UN ALIMENTO TIPO PARA *Apistogramma* sp. 175

Catalina Díaz, Jesús Núñez, Fabrice Duponchelle, Jean-François Renno & Susana Sirvas

AVANCES DE LA PISCICULTURA CON ESPECIES AMAZÓNICAS EN BOLIVIA Y LA DISYUNTIVA DE INCORPORAR HÍBRIDOS..... 181

Hernán Navil Corcuy Arana

TECNOLOGIA DO PESCADO APLICADA À VALORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO PESQUEIRA DO ESTADO DO AMAZONAS 189

Nilson Luiz de Aguiar Carvalho & Maria Auxiliadora Fonseca Carvalho

Genética – Evolución

BIODIVERSIDAD Y EVOLUCIÓN DE LOS PECES EN AMAZONÍA

Jean-François Renno^{1,5}, Fernando Carvajal-Vallejos^{1,2,3}, Juan Pablo Torrico^{1,4}, Fabrice Duponchelle¹, Jesus Nuñez¹, Carmen García-Dávila⁵, Susana Sirvas⁶, François Bonhomme⁷, Erick Desmarais⁷ & Nicolas Hubert¹

¹Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175-CAVIAR, F-34000 Montpellier, France.
E-mail: jean-francois.renno@ird.fr

²Asociación Faunagua, final Av. Máx Fernández, Zona Arocagua, Sacaba, Cochabamba, Bolivia.

³Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA), Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT), Universidad Mayor de San Simón (UMSS), calle Sucre frente al parque La Torre s/n, zona Las Cuadras, Cochabamba, Bolivia. Email:

⁴Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), La Paz, Bolivia.

⁵Laboratorio de Biología y Genética Molecular, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), campus Quistococha, Iquitos, Perú.

⁶Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias (FOPCA), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Miraflores, Lima, Perú.

⁷Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISEM) Université Montpellier 2, 34000 Montpellier 2, France

INTRODUCCIÓN

Entender la diversidad actual de peces continentales requiere integrar lo mejor posible, la evolución de sus hábitats, es decir, de las redes hidrográficas y lagos. El levantamiento de los Andes y las sucesiones de incursiones y regresiones marinas, son las principales causas de las transformaciones de las redes hidrográficas en Sudamérica.

Los primeros estudios sugerían que las especies amazónicas se habían formado en los refugios forestales del Pleistoceno (Haffer 1969). Sin rechazar el efecto de los refugios sobre la diferenciación intraespecífica, recientes estudios en filogenia molecular y filogeografía, demostraron que la diversificación específica en la Amazonia y los grandes eventos de dispersión de especies serían en general anteriores a las fluctuaciones climáticas del Pleistoceno (Bermingham & Martin 1998). Sin embargo, el debate del impacto relativo de los distintos eventos paleogeográficos en la historia biogeográfica de la ictiofauna

amazónica sigue abierto, puesto que esta historia sería más compleja a lo inicialmente propuesto.

Desde hace 10 millones de años (MA) el contacto de las cabeceras de las grandes cuencas hidrográficas crearon probablemente vías de dispersión y en consecuencia, es posible que una parte de los clados (lineajes intraespecíficos y grupos de especies) no sean monofiléticos dentro de una misma cuenca y por otra parte, que algunos linajes endémicos de una cuenca sean incluidos en clados recubriendo varias cabeceras de cuencas contiguas (hipótesis hidrológica; Montoya Burgos 2003). El levantamiento de los paleoarcos desde 8 MA, concomitante al de los Andes, debió inducir por especiación alopátrica la formación de clados hermanos por ambos lados de los arcos (hipótesis paleogeográfica; Da Silva & Patton 1993, 1998), aun más la separación de los linajes entre la cuenca del Orinoco y la cuenca del Amazonas debería preceder la instauración de los linajes en la cuenca del Amazonas. Al final, la incursión marina del Mioceno (5-4 MA), y su posterior regresión, deberían manifestarse por la existencia de clados profundos diferenciados entre los escudos brasileños y de las Guayanas en consecuencia de la especiación alopátrica, mientras que las especies y linajes del llano amazónico (por debajo de 100 m de altitud, el nivel de la incursión marina de este período) deberían haberse establecido después de 4 MA (hipótesis de los museos; Norell 1999).

Estudiamos la evolución de la ictiofauna amazónica a través de un enfoque de biogeografía histórica (Hubert & Renno 2006), utilizando el modelo de los Characiformes, y un enfoque de filogenia-filogeografía combinado a la biogeografía, utilizando el modelo de las pirañas (Hubert *et al.* 2007, 2008).

METODOLOGÍA

Biogeografía histórica: evidencia de los eventos de vicarianza y de las vías de dispersión.

Numerosos inventarios de especies se han iniciado desde hace varios siglos. Los datos de la biogeografía histórica además de los de la biología evolutiva deberían mejorar nuestra visión de los fenómenos evolutivos. No obstante, es imposible comprender la biogeografía de todas las especies de pez, debido a la dificultad de acceso a los datos antiguos, a la disparidad de los inventarios y a los problemas sistemáticos. La elección de un grupo representativo de la ictiofauna sudamericana con una distribución geográfica amplia y estructurada, regularmente revisada por los sistemáticos y suficientemente inventariada, se imponía. Entre 68 familias de peces teleosteos que evolucionaron en los ríos de Sudamérica, 14 pertenecen al orden

Characiformes (Reis *et al.* 2004) y la mayoría de los linajes de este orden muestra un elevado nivel de endemismo.

Los Characiformes constituyen entonces un modelo de elección para el estudio de la biogeografía histórica de las especies de agua dulce sudamericanas

Para entender los fenómenos del origen de la especiación alopátrica, la puesta en evidencia de los eventos de vicarianza y dispersión es esencial. Pues elegimos buscar conjuntamente los eventos de vicarianza y las vías de dispersión de las especies amazónicas, probando el efecto de los eventos paleogeográficos, levantamiento de los paleoarcos; hipótesis paleogeográfica, de los cambios hidromorfológicos; hipótesis hidrológica y de las incursiones marinas del Mioceno; hipótesis de los museos.

Un conjunto 49 unidades hidrológicas operativas fueron definidas por las cuencas costeras y los grandes afluentes de una misma red en el continente. Una matriz de presencia (=1) ausencia (=0) de 601 especies que pertenecen a 14 familias neotropicales de Characiformes fue compilada. El nombre y la localización de cada una de las especies se obtuvieron a partir de las últimas revisiones publicadas por los especialistas de los distintos grupos. Los bancos de datos "fishbase" y "neodate" (<http://neodat.org/>) proporcionaron información complementaria a la bibliografía. Con el fin de probar las hipótesis relativas a un evento de vicarianza o de dispersión, los análisis de parsimonia y de máxima verosimilitud fueron realizadas sobre una matriz de distribución de los Characiformes en Sudamérica, con el fin de deducir: 1) las áreas de endemismo 2) los perfiles de distribución comunes para las especies que tienen una distribución a través varias áreas de endemismo, 3) las vías de dispersión entre las redes hidrográficas.

Origen y cronología de los eventos de vicarianza y dispersión: el modelo piraña

Las separaciones y las conexiones de las redes hidrográficas inducen vicarianza y dispersión de las especies como se ha visto en el marco de la biogeografía histórica. En consecuencia; la evolución de los peces de agua dulce está vinculada íntimamente a la historia de las redes hidrográficas que la albergan. Puesto que los resultados de la filogenia (relaciones genéticas entre especies) y de la filogeografía (dentro de las especies) dependen de la historia de las redes hidrográficas y su orogénesis, los eventos de vicarianza o de dispersión pueden estimarse por los eventos de las separaciones o anastomosis entre redes hidrográficas, cuando se conocen independientemente y están datados por los hidrogeólogos. En cambio, los eventos de separación

de cuenca, captura o anastomosis, pueden datarse con ayuda de un reloj molecular cuando ésta puede establecerse para especies que tenían las distribuciones geográficas requeridas.

Después del enfoque de biogeografía histórica, la ayuda de los relojes moleculares y topologías de clados de linajes y de áreas geográficas, nos permitió comprender mejor la diversificación de la ictiofauna en Sudamérica estableciendo al mismo tiempo la cronología de los eventos de vicarianza y dispersión a su origen.

Las predicciones de la hipótesis mencionadas "hidrogeográficas", "paleogeográficas" o "de los museos" pudiendo explicar parte del origen de la diversificación específica de las especies de peces, se probaron en los modelos *Serrasalmus* y *Pygocentrus*, dos generos de pirañas carnívoras endémicas de Sudamérica y distribuidos en toda su zona tropical y sobre los cuales disponíamos de antemano de informaciones sobre su biogeografía, sistemática y genética. En primer lugar, establecimos la cronología de la diversificación de las pirañas, luego integramos la filogenia de las especies y su biogeografía considerando a la vez los eventos de vicarianza, extinción, dispersión y duplicación de linajes para deducir la evolución de las redes hidrográficas estableciendo cladogramas de áreas según el método de análisis de Brooks *et al.* (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El enfoque de biogeografía histórica de los Characiformes permitió poner de relieve refugios acuáticos, vías de dispersión, y suponer el papel de receptáculo de especies que habría jugado la Amazonia central después de la regresiones marinas. La radiación de las pirañas dataría de hace menos de 9 MA, con una diferenciación específica especialmente importante entre el Mioceno tardío y la transición Plioceno-Mioceno. La historia de las pirañas resultaría de la combinación compleja entre eventos de vacarianza y de dispersión (figura 1).

Efecto estructurante de los paleoarcos (hipótesis paleo-geográfica)

La historia de las pirañas habría comenzado antes de la formación actual del Orinoco, en el sistema protoAmazonas-Orinoco. El levantamiento del arco de Vaupes que separa las dos cuencas sería responsable de la formación de los dos clados *Pygocentrus* y *Serrasalmus*, tal como se observa por otra parte en las especies de *Prochilodus* de las dos cuencas. Aunque la cuenca del Paraná podría

haberse formado hace más de 20 MA, habría sido colonizado por las pirañas del alto Amazonas mucho más tarde, alrededor de 2 MA.

Dentro de la cuenca del Amazonas los arcos de Vaupes, Gurupa, Purus, Caravari y de Iquitos son la causa de varios eventos de cladogenia dentro de *Serrasalmus* o *Pygocentrus*. La cronología de los eventos de vicarianza da prueba de una instauración este-oeste de los afluentes. El suroeste amazónico estaría entonces en su configuración actual desde 3 MA. En la literatura otras filogenias corroboran la hipótesis del levantamiento tardío de los arcos del alto Amazonas: peces, mamíferos y aves.

Dispersión entre cuencas (hipótesis “hidrológica”)

La dispersión de especies originarias del Orinoco a través del río Negro, como *Serrasalmus manuelei*, fue demostrada para varias otras especies de Characiformes. La filogenia de las pirañas pone de relieve también dispersiones en el sentido opuesto, Amazonas Orinoco, para *S. rhombeus*, *S. elongatus*, *S. serrulatus* y *Pristobrycon calmoni*, que son las pirañas más ampliamente distribuidas en Amazonía.

La filogeografía de *Pygocentrus nattereri* indica la dispersión de estas especies del alto Amazonas al Alto Paraguay alrededor de 1,8 MA. Entre 3 y 1,5 MA observamos un período de dispersión en la Amazonía que podría estar de acuerdo con una red hidrográfica más densa (época de interglaciares??), incluso la existencia de un lago de agua dulce en la baja Amazonía durante el Plioceno tardío, como sugerido por Lundberg *et al.* (1998).

Dispersión costera

Las dispersiones de especies, como *S. brandtii*, entre Orinoco y San Francisco podrían haberse realizado por vía costera alrededor de 7,4 MA. La dispersión costera hace 7 MA fue apoyada por la filogeografía de las especies de peces de Centroamérica (Bermingham & Martin 1998) y ha sido explicada por la reducción del nivel marino que facilitó los pasos entre las desembocaduras.

Amazonía central como receptáculo de especies (hipótesis de los museos)

Los cladogramas de áreas muestran que los eventos de cladogenia más antiguos en *Serrasalmus* y *Pygocentrus* corresponden a regiones que cubren los ríos del escudo guyanense y del escudo brasileño, mientras que las especies en el llano amazónico por debajo de 100 m de altitud aparecen después de 4 MA. Además el endemismo mucho

más elevado en la periferie de la Amazonía central que en su centro, corrobora la acumulación de especies al centro después de las últimas regresiones marinas.

Especiación ecológica

Duplicaciones de linajes dentro de una misma subcuenca, como puesta en evidencia para las tres especies hermanas *S. compressus*, *S. hollandi* y *S. nsp.* dentro el Alto Madera, sugieren la posibilidad de especiación ecológica, o incluso simpátrica desde 2 MA.

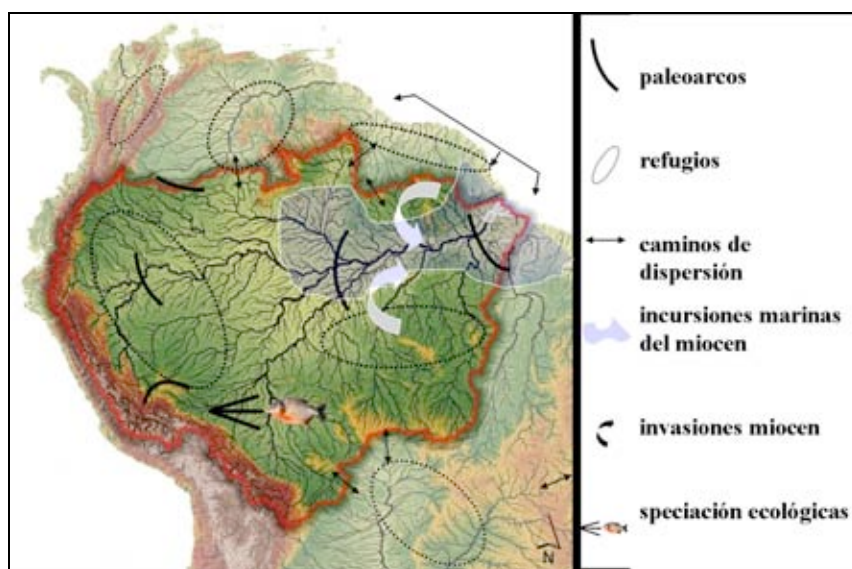


Figura 1: Los diferentes eventos estructuraron la ictiofauna en America del Sur desde la formación de la cuenca Amazónica.

De este estudio resulta que los eventos y mecanismos que explican la evolución de la ictiofauna amazónica son múltiples y combinados. La ictiofauna actual en su diversidad específica y su distribución, fue influenciada por los eventos ocurridos desde el final del Terciario y relativos al levantamiento de los Andes: incursiones marinas, paleoarcos, captura y conexiones temporales de los ríos, ríos barreras. Las zonas refugios a partir de este tiempo habrían desempeñado un papel esencial para la diferenciación y el mantenimiento de las especies fuera de las zonas perturbadas. La parte baja del Amazonas sujeta a las incursiones marinas, después de las regresiones habría servido de receptáculo para las especies conservadas o formadas en los refugios periféricos situados sobre los escudos de Guyana y Brasileño. Del

equilibrio entre especiación por alopatría y dispersión, nació probablemente la parte fundamental de la diversidad actual. Especiación alopátrica, ecológica y quizás simpátrica, bajo el efecto de eventos exógenos o endógenos de las especies, que se combinaron en un ambiente fluctuante de manera suficientemente suave para que la relación entre la tasa de extinción y la tasa de especiación permitiera la hiperdiversidad Amazónica.

REFERENCIAS

- Bermingham, E.; Martin, A.P. 1998. Comparative mtDNA phylogeography of Neotropical freshwater fishes: testing shared history to infer the evolutionary landscape of lower Central America. *Molecular Ecology*, 7: 499–518.
- Brooks, D.R.; Van Veller, M.G.P.; McLennan, D.A. 2001. How to do BPA, really. *Journal of Biogeography*, 28: 343–358.
- Da Silva, M.N.F; Patton J.L. 1993. Amazonian phylogeography: mtDNA sequence variation in arboreal *Echimyid* rodents (Caviomorpha). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 2: 243–255.
- Da Silva, M.N.F; Patton, J.L. 1998. Molecular phylogeography and the evolution and conservation of Amazonian mammals. *Molecular Ecology*, 7: 475–486.
- Haffer, J. 1969. Speciation in Amazonian forest birds. *Science*, 165: 131–137.
- Hubert, N.; Torrico, J.P.; Bonhomme, F.; Renno, J.F. 2008. Species polyphyly and mtDNA introgression among three *Serrasalmus* sister-species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 46(1): p. 375–381.
- Hubert, N.; Duponchelle, F.; Nuñez-Rodríguez, J.; García-Dávila, C.; Paugy, D.; Renno, J. F. 2007. Phylogeography of the piranha genera *Serrasalmus* and *Pygocentrus*: implication for the diversification of the Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, 16: 2115–2136.
- Hubert, N.; Renno, J.F.; 2006. Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography*, 33,: 1414–1436.
- Lundberg, J.G.; Marshall, L.G.; Guerrero, J.; Horton, B.; Malabarba, M.C.S.L.; Wesselingh, F.1998. The stage for Neotropical fish diversification: a history of tropical South American rivers. In: Malabarba, L.R.; Reis, R.E.; Vari, R.P.;
- Lucena, Z.M.S; Lucena C.A. (Eds). *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Edipucrs, Porto Alegre. RS. p. 13–48.
- Montoya-Burgos, J.I. 2003. Historical biogeography of the catfish genus *Hypostomus* (Siluriformes: Loricariidae), with implications on the diversification of Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, 12: 1855–1867.

- Nores, M.; 1999. An alternative hypothesis to the origin of Amazonian bird diversity. *Journal of Biogeography*, 26: 475–485.
- Reis, R.E.; Kullander, S.O.; Ferraris, C.J. 2004. Checklist of freshwater fishes of South and Central America. Edipucrs, Porto Alegre.

EVIDÊNCIA DE LINHAGENS GENÉTICAS DISTINTAS EM *Nannostomus eques* (LEBIASINIDAE), *Carnegiella strigata* E *C. marthae* (GASTEROPELECIDAE) DA BACIA DO RIO NEGRO-AM

Maria Leandra Terencio¹, Carlos Henrique Schneider² & Jorge Ivan Rebelo Porto³

¹Pós-Graduação em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva/INPA.
E-mail: leandra@inpa.gov.br

²Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior / INPA

³Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática

INTRODUÇÃO

A bacia amazônica está localizada numa região de planície e possui cerca de 23.000 km de rios navegáveis, sendo o maior sistema de água doce do mundo, com aproximadamente 7 000 000 km² de área de drenagem. O rio Negro, maior tributário do Amazonas, drena diferentes formações geológicas e por conta disso em algumas regiões de seu curso as águas apresentam correnteza com corredeiras (alto rio Negro) e em outras fluem lentamente (médio e baixo rio Negro) (Latrubesse & Franzinelli 2005).

A ictiofauna do rio Negro é composta em sua maioria por peixes pequenos e este fator pode estar relacionado à menor quantidade de nutrientes das águas pretas (Goulding *et al.* 1988). Cerca de 40 espécies alcançam sua maturidade sexual com tamanhos menores que 20 mm, cujos adultos medem no máximo 40 mm de comprimento o que caracteriza o fenômeno conhecido como miniaturização (Santos *et al.* 2006). Dentre as inúmeras espécies encontradas na bacia do rio Negro, várias são liberadas para comercialização, anualmente o Brasil exporta cerca de 20 milhões de peixes ornamentais e a maioria das espécies exploradas são oriundas de florestas alagáveis (igapós) da bacia do rio Negro.

Apesar da grande importância do comércio de peixes ornamentais para o desenvolvimento da região amazônica, existem falhas graves nas atividades ligadas à comercialização. Anjos *et al.* (2007), analisando declarações de exportações fornecidas pelo IBAMA, detectaram muitas informações errôneas sobre as espécies comercializadas nos portos da região amazônica. Frequentemente os autores encontraram grupos de espécies sendo exportadas sob uma mesma denominação,

isso ocorre porque muitos exportadores classificam as espécies de acordo com catálogos de peixes ornamentais destinados aos aquaristas, com base em fotografias. Fica clara a falta de controle que se tem sobre o número real de espécies que são exploradas pelo comércio de ornamentais. Dentre as espécies mais comercializadas destacam-se *Carnegiella strigata*, *C. marthae* (Gasteropelecidae) e *Nannostomus eques* (Lebiasinidae).

Estudos genéticos populacionais utilizando marcadores mitocondriais envolvendo estas espécies são recentes e quase restritos as áreas mais exploradas no médio rio Negro (Santa Isabel do rio Negro e Barcelos). Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi estimar se a exploração destas espécies ao longo do rio Negro é feita sobre estoques únicos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram amostrados 135 indivíduos de *C. strigata*, 151 de *C. marthae* e 125 de *N. eques* coletados em tributários das margens direita e esquerda, localizados no alto rio Negro (Açaituba - Aç, Mapi - Mp, Jurupari - Ju, Miuá - Mi, São Felipe - Sf, Tiabô - Tb, Machi - Mc, Jaradi - Ja, Arixanã - Ar, Aianã - Ai e Urubaxi - Ur) médio rio Negro (Demini - De, Zamula - Za, Cajarizinho - Cj e Pixirituba - Pi) e baixo rio Negro (Maquari - Ma, Vila - Vi, Jacundá - Jc, Tarumã - Ta e Catalão - Ct). Além disso, dois pontos de coleta na bacia do rio Uatumã também foram amostrados (Uatumã - Ua e Barretinho - Ba) (figura 1).

Os espécimes utilizados neste estudo foram identificados pelo Dr. Jansen Sampaio Zuanon (INPA) e espécimes testemunhos encontram-se depositados na Coleção Ictiológica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA 29297, INPA 29298, INPA 29299, INPA 29300, INPA 29301, INPA 32030, INPA 32031, INPA 32032) e no Laboratório de Genética da Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática do INPA.

Para as análises genético-populacionais sequências nucleotídicas do gene da ATPase 6/8 foram utilizadas para estimar a distância genética e o padrão de distribuição dos haplótipos encontrados. A extração de DNA foi realizada à partir de tecido muscular preservado em etanol 100%. O protocolo de extração de DNA utilizado foi o descrito por Sambrook & Russell (2001), com algumas modificações. O gene mitocondrial da ATPase 8/6 foi amplificado via Reação em Cadeia da Polimerase, utilizando os seguintes *primers*: ATP8.2-L8331 5'-AAAGCRTYR GCCTTTAAGC-3' e CO3.2- H9236 5'-GTTAGTGGTCAKGGGCTTGGRTC-3', descritos por Lovette *et al.* (1998). A purificação dos produtos da PCR foi realizada com uso do kit GFX PCR DNA Kit (GE Health Care), seguindo o protocolo sugerido pelo fabricante. O seqüenciamento do DNA foi realizado pelo método de Sanger *et al.* (1977), utilizando o kit DYEnamic

ET Terminator Cycle Sequencing (GE Health Care), no seqüenciador automático de DNA MegaBACE 1000 (GE Health Care).

Após o sequenciamento, as seqüências geradas foram alinhadas com auxílio do programa Clustal W (Thompson *et al.* 1994), incluído no BioEdit. Para estimar as relações genéticas e a genealogia entre os haplótipos foram utilizados os métodos de agrupamento de vizinhos (Saitou & Nei 1987) e construção de uma rede de haplótipos no programa TCS 1.21 (Clement *et al.* 2000), respectivamente. Além disso, a diferenciação intra-específica (distância-p) foi estimada no programa MEGA 4.0. Em todas as análises envolvendo *C. strigata*, a espécie *C. marthae* foi utilizada como grupo externo e vice-versa. Para *N. eques* a espécie irmã *N. unifasciatus* foi utilizada como grupo externo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas identificaram duas linhagens genéticas em *C. strigata* (figura 2a, e 2b) e quatro em *C. marthae* (figura 3a, 3b) e *N. eques* (figura 4a, 4b). A distância genética entre elas variou de 10,80 a 11,90% para *C. strigata*, 4,7 a 15,0% para *C. marthae* e 5,2 a 7,7% para *N. eques*.

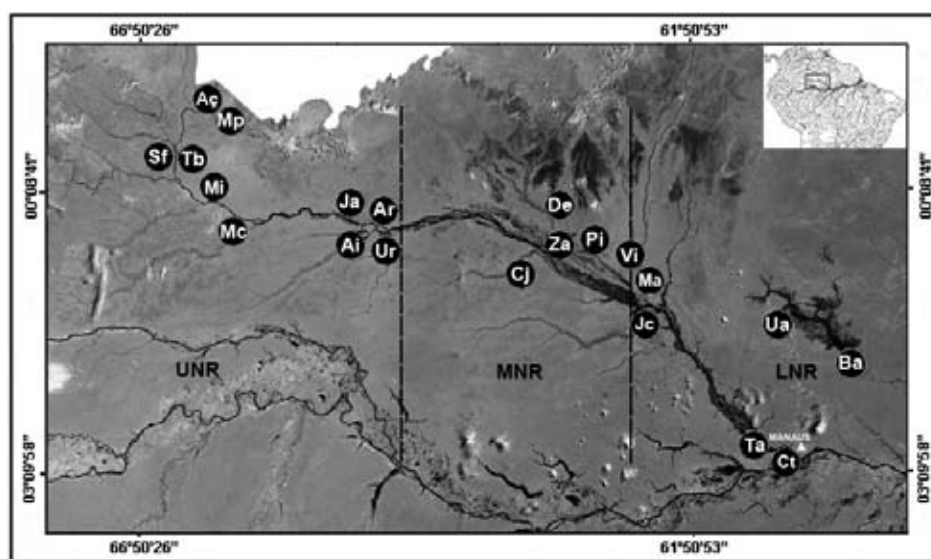


Figura 1: Locais de coleta na bacia do rio Negro e Uatumã. (UNR) Alto Rio Negro, (MNR) Médio Rio Negro, (LNR) Baixo Rio Negro.

Como pode ser observado, a distância genética estimada entre as linhagens é próxima do índice estimado entre estes táxons e as espécies

utilizadas como grupo externo. Em média, a distância genética estimada por meio do gene ATPase nos peixes Characiformes varia de 0,0% a 9,8% em nível intraespecífico e de 12% a 27% em nível interespecífico Bermingham & Martin 1998; Sivasundar *et al.* 2001; Reeves & Bermingham 2006).

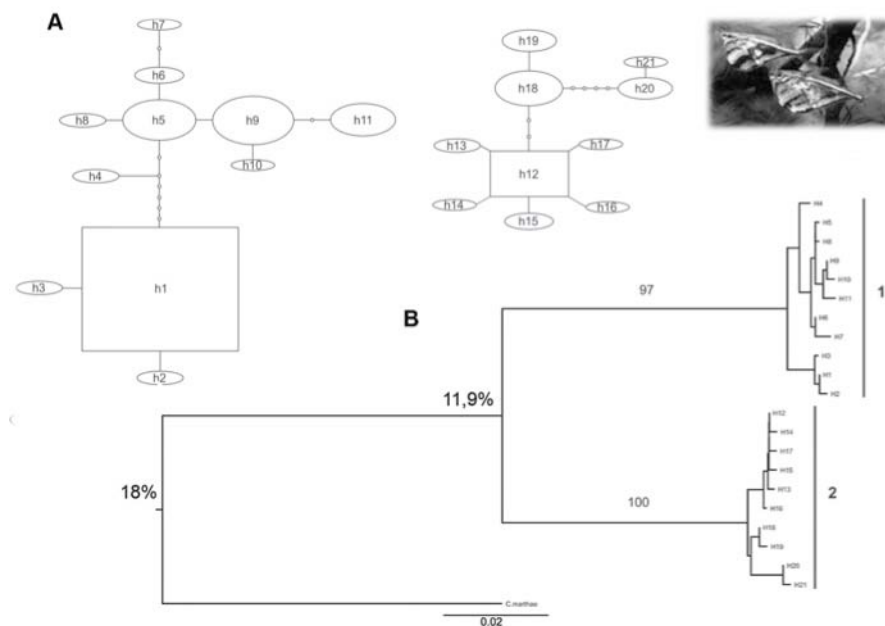


Figura 2: Redes de haplótipos (A); Agrupamento de vizinhos (B) de *C. strigata*. Os números acima dos ramos indicam o suporte (*bootstrap*). Os valores em porcentagem indicam a distância genética entre os clados (distância *p*).

O polimorfismo acentuado no gene ATPase das unidades evolutivas se mostrou relacionado com as características morfológicas externas para *C. strigata* onde indivíduos de linhagens distintas apresentaram padrões distintos de listras corporais conforme descrito por Géry (1973) (figura 5) e para *N. eques* onde as amostras do alto rio Negro parecem ter uma menor relação altura x tamanho do corpo do que as do baixo rio Negro. Aparentemente, a físico-química das águas amazônicas pode ser um dos fatores responsáveis pelo cenário encontrado neste estudo, visto que foram identificadas linhagens exclusivas de água preta e água branca. Diferenças físico-químicas entre os tipos de água podem ser determinantes para divergências populacionais ou mesmo especiação. Farias & Hrbek (2008) estudando os padrões de diversificação de *Symphysodon* spp. sugerem que as diferenças entre os discos azuis, marrons e heckel são mantidas por preferências por determinados tipos

de água. As características biológicas e comportamentais contribuem muito para a homogeneização das populações. No que diz respeito às espécies utilizadas neste estudo todas são de pequeno porte e não realizam ciclos de migração, conseqüentemente isso irá refletir em baixa dispersão de indivíduos revelado pelo padrão de sobreposição e substituição de linhagens genéticas encontradas ao longo da bacia do rio Negro e Uatumã.

O reconhecimento de diferenças populacionais é de grande importância para a determinação de estratégias adequadas para a conservação biológica, contudo, as preocupações e ações referentes aos impactos sobre a biodiversidade nos ecossistemas aquáticos estão muito mais relacionadas à percepção do desaparecimento de uma dada espécie do que à diminuição da diversidade genética das espécies. A descoberta de espécies crípticas, antes consideradas como parte de uma espécie taxonomicamente definida torna-se importante quando são alvos de uso comercial como *C. strigata*, *C. marthae* e *N. eques*. Tendo em vista o grau de divergência entre as linhagens encontradas, possivelmente existem espécies crípticas sendo exploradas como uma única unidade taxonômica, e por conta disso as mesmas não podem ser tratadas para fins de manejo como um único estoque.

APOIO FINANCEIRO

FAPEAM/PIPT; CNPq; CNPq/CT-Amazônia; INPA.

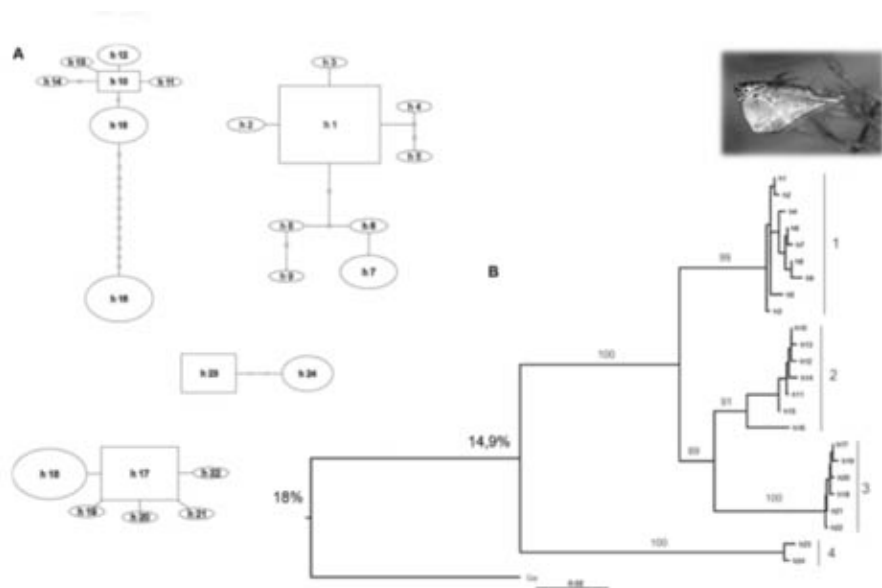


Figura 3: Redes de haplótipos (A); Agrupamento de vizinhos (B) de *C. marthae*. Os valores em porcentagem indicam a distância genética entre os clados (distância p).

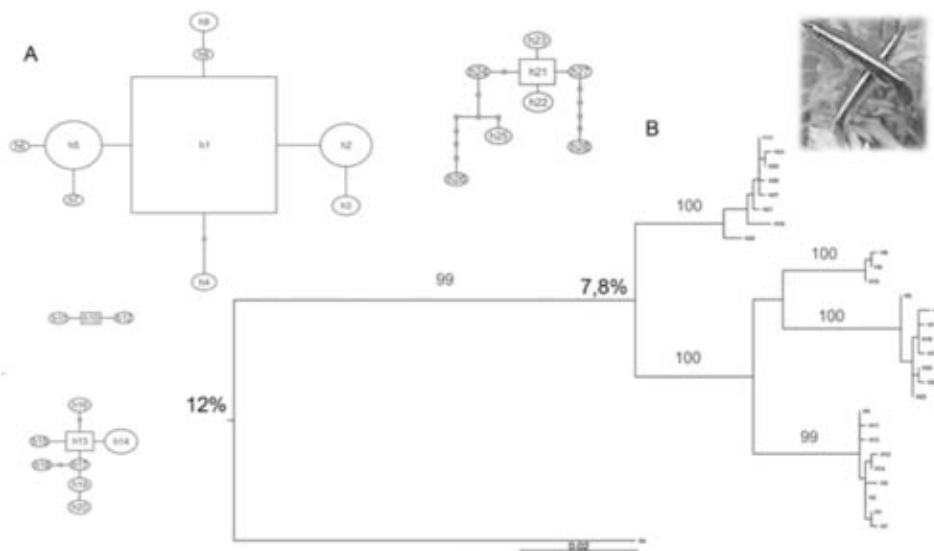


Figura 4: Redes de haplótipos (A); Agrupamento de vizinhos (B) de *N. eques*. Os valores em porcentagem indicam a distância genética entre os clados (distância p).

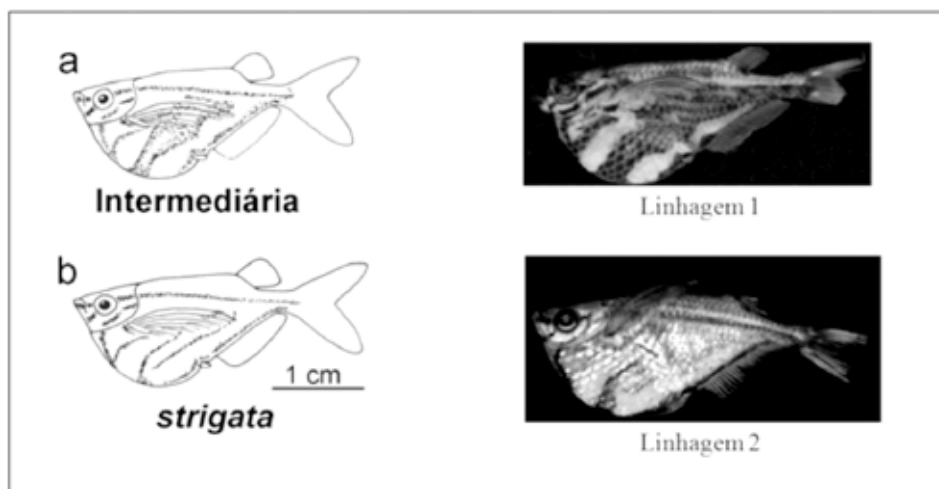


Figura 5: Padrão de manchas corpóreas observado entre as linhagens de *C. strigata*.

REFERÊNCIAS

- Anjos, H. D. B.; Siqueira, J. A.; Amorim, R. M. S. 2007. Comércio de peixes ornamentais do Estado do Amazonas, Brasil. *Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia*, 87 4-5 p.
- Bermingham, E.; Martin, A. P. 1998. Comparative mtDNA phylogeography of neotropical freshwater fishes: testing shared history to infer the evolutionary landscape of lower Central America. *Molecular Ecology* 7: 499-517. Sivasundar et al., 2001;
- Clement, M.; Posada, D.; Crandall, K. A. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology*, 10: 1657-1660.
- Farias IP.; Hrbek, T. 2008 Patterns of diversification in the discus fishes (*Symphysodon* spp. Cichlidae) of the Amazon basin. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 49: 32-43.
- Géry, J. 1973. Sur la nomenclature et les types de livrée de *Carnegiella strigata* (Günther). *Aquarium* 7 (21): 16-19
- Goulding, M.; Carvalho, M. L.; Ferreira, E. G. 1988. *Rio Negro: rich life in the poor water*. The Hague, The Netherlands: SPB Academic Publishing, 200pp.
- Latrubesse, E. M.; Franzinelli, E. 2005. The late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implications for island and floodplain formation in large anabranching tropical systems, *Geomorphology*, 70: 372-397

- Lovette, I. J.; Bermingham, E.; Seutin, G.; Ricklets, R. E. 1998. Evolutionary differentiation in three endemic West Indian warblers. *The Auk* 115: 890–903.
- Reeves, R. G.; Bermingham, E. 2006. Colonization, population expansion, and lineage turnover: phylogeography of Mesoamerican characiform fish. *Biological Journal of the Linnean Society* 88: 235–255.
- Saitou, M.; Nei, M. 1987. The Neighbor-joining Method: A New Method for Reconstructing Phylogenetic Trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4 (4): 406–425.
- Sambrook, J.; Russell, D. W. 2001. *Molecular cloning: a laboratory manual*. Vol. I. Cold Spring Harbor Press. Cold Spring Harbor, NY.
- Sanger, F.; Nicklen, S.; Coulson, A. R. 1977. DNA Sequencing with chain terminating inhibitors. *Proceedings of National Academy of Science. USA*, 74: 5463–5467.
- Santos, T.; Vosgueritchian, S.B.; Nazareth, T. M.; Costa, J.B.P. 2006. Tipo de habitat determina a ocorrência de peixes de tamanhos diferentes? In: Ganade, G. *Ecologia da floresta Amazônica, 2006*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA); Floresta Amazônica; Manaus, AM; BRASIL.
- Thompson, J. D.; Higgins, D. G.; Gibson, T. J. 1994. ClustalW : Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position specific gap penalties and matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22: 4673–4680.

POLIMORFISMO MOLECULAR DE LA VARIACIÓN DE LA LONGITUD DE LOS INTRONES (EPIC-PCR) EN *Apistogramma* sp., PECES ORNAMENTALES DE LA AMAZONÍA PERUANA

Susana Sirvas¹, Evelyn Briceño¹, Betty Gamero¹, Jesús Nuñez², Fabrice Duponchelle², Catalina Díaz¹ & Jean François Renno²

¹UNFV-FOPCA, 350 Calle Roma, Miraflores, Lima, Perú.
E-mail: sirvascornejo@yahoo.com

²Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175-CAVIAR, F-34000 Montpellier, France

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Amazónica involucra países sudamericanos como Guyana, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y Bolivia. Debido a su gran diversidad biológica muchas especies podrían presentar dificultad para ser identificadas morfológicamente. Tal es el caso de ciertos peces ornamentales como aquellos del género *Apistogramma* perteneciente al grupo de cíclidos enanos, compuesto por aproximadamente 14 géneros, según Romer (2006). Hasta la fecha se han descrito 64 especies, pero estima en 250 el número potencial de especies en este género.

El género *Apistogramma* es un grupo promisorio para el desarrollo económico de la región Amazónica ya que se comercializa tanto en el mercado nacional como internacional. Este grupo presenta una gran similitud morfológica y gama de colores entre y dentro de las especies, razón por la cual además de las técnicas tradicionales, se requiere utilizar modernas técnicas moleculares de identificación de especies, que contribuyan a determinar las relaciones genéticas entre ellas.

La técnica de EPIC-PCR (Exon-Primed Intron Crossing) consiste en el anillado de los iniciadores a los exones que flanquean a un intron para su subsecuente amplificación. Varios trabajos han demostrado que la técnica EPIC-PCR, ha sido muy útil para evidenciar el polimorfismo genético en poblaciones de varios vertebrados (Palumbi & Baker 1994, Chow & Takeyama 1998, Ibáñez 2002, Quatro *et al.* 2001) e invertebrados (Bierne *et al.* 2000, Daguin 2000). Más recientemente Hubert *et al.* (2007) utilizaron esta técnica para el estudio intraespecífico en *Serrasalmus* (pirañas).



Figura 1. Distribución del género *Apistogramma* en la cuenca Amazónica (Römer 2000, 2006).



Figura 2. Variedades "Azul" y "Rojo" de *Apistogramma agassizii*.

En el caso de *Apistogramma* se pretende utilizar la técnica EPIC-PCR para esclarecer los límites taxonómicos y las relaciones filogenéticas entre taxa, definidos como grupos monofiléticos. Para eso, se generó información sobre el polimorfismo de la longitud de los intrones de especies y variedades del género *Apistogramma*. Inicialmente 14 especies/variedades fueron identificadas morfológicamente y diferentes intrones fueron probados para determinar los más polimórficos a través de la técnica EPIC-PCR.

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 14 especies/variedades de *Apistogramma* cuya situación en la literatura sobre el tema se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Situación de la identificación de las especies/variedades de *Apistogramma* estudiadas.

Especie/Variiedad	Situación	Autor
<i>A. sp.</i> Melgar	Especie no descrita	(Romer 2002, 2004)
<i>A. eunotus</i>	Especie descrita	Kullander 1981
<i>A. sp.</i> Púrpura	Especie/variedad No mencionada	-
<i>A. agassizii</i> variedad Yellow	Especie descrita	Steindacher 1875
	Variiedad no descrita	-
<i>A. agassizii</i> variedad blue	Especie descrita	Steindacher 1875
	Variiedad no descrita	-
<i>A. agassizii</i> variedad Red pale	Especie descrita	Steindacher 1875
	Variiedad no descrita	-
<i>A. bitaeniata</i> variedad Blue	Especie descrita	Pellegrin 1936
	Variiedad no descrita	-
<i>A. bitaeniata</i> variedad Red Pale	Especie descrita	Pellegrin 1936
	Variiedad no descrita	-
<i>A. sp.</i> Arlequín	Especie/variedad no mencionada	-
<i>A. eremnopyge</i>	Especie descrita	Ready & Kullander 2004
<i>A. nijseni</i>	Especie descrita	Kullander 1979
<i>A. sp.</i> Apache	Especie/variedad no mencionada	-
<i>A. sp.</i> Roter	Especie/variedad no mencionada	-
<i>A. sp.</i> "Diamante"	Especie/variedad no mencionada	-

Colecta. Los puntos de colecta fueron tres cuencas: Nanay (quebradas Tachananay y Challua), Ucayali (quebradas Pradera, Jenaro Herrera y Jenaro Herrera km 4), Itaya (quebrada sin nombre). Las especies colectadas fueron: *A. agassizii* (variedades Blue, y Red Pale), *A. bitaeniata* (variedades Blue y Red Pale), *A. nijseni*, *A. eremnopyge*, *A. sp.* Apache, *A. sp.* Diamante, *A. sp.* Roter.

Extracción de ADN total. Se utilizó el método estándar CTAB (Doyle & Doyle 1987), para extraer ADN del músculo de *Apistogramma*.

Amplificación del ADN por EPIC-PCR. Se amplificó los intrones PMOPSI, RPEX, CK, ALDO C, y ALDO B) en cada uno de los individuos estudiados. Las condiciones de amplificación fueron: desnaturalización a 92°C durante 2 min; 30 ciclos (95°C 1 min, hibridación 1 min a 45,4°C para PMOPSI, 41°C para Aldolasa B, 49,4°C para RPEX y Aldolasa C, y 52,8°C para CK, elongación 72°C, 1 min); elongación final 72°C, 5 min.

Construcción del Árbol Filogenético. El genotipo de cada individuo fue definido como la combinación entre todos los intrones analizados de las bandas de los fragmentos de ADN definidas por sus tallas. El árbol filogenético fue construido considerando la presencia o ausencia de cada banda por cada individuo a cada intrón según un algoritmo de parsimonia. Para probar la fuerza de cada nodo del árbol una prueba de bootstrap fue realizada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó un polimorfismo molecular entre los intrones de las especies y variedades estudiadas. Los más informativos fueron PMOPSI y ALDOLASA B.

Se mostraron variaciones moleculares entre las especies *A. agassizii* y *A. bitaeniata*, con los intrones PMOPSI, CK, y ALDO B. También se observaron diferencias entre *A. bitaeniata* y *A. nijseni*; asimismo entre *A. nijseni* y *A. eremnopyge* con PMOPSI.

El polimorfismo de la longitud de los intrones ha permitido separar varias especies ya científicamente descritas o identificadas empíricamente en base a su morfología. Más aún, dentro de especies morfológicas, *A. agassizii*, las variedades blue y red ubicadas en simpatría fueron separadas molecularmente con los intrones ALDO C y CK. Esto podría permitir suponer que la cantidad de especies biológicas en *Apistogramma* es mayor a la que se presume cuando se usa únicamente la identificación morfológica.

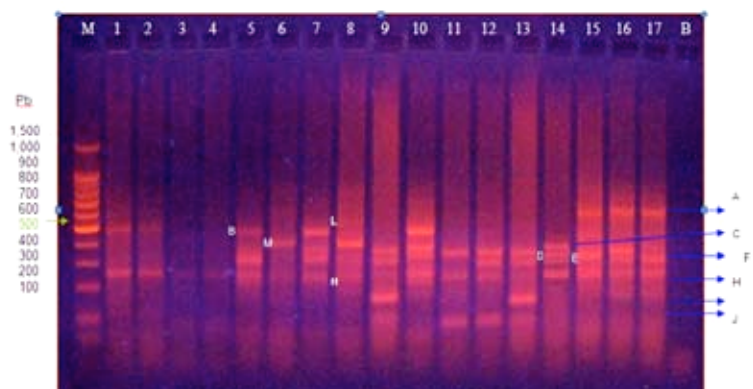


Figura 3. Perfiles de especies/variedades de *Apistogramma* obtenidos con el intrón PMOPSI.

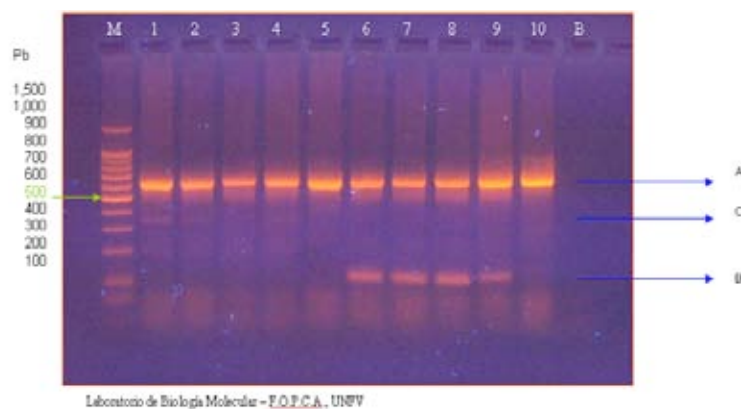


Figura 4. Perfiles de especies /variedades de *Apistogramma* obtenidos con el intrón RPEX.

Se evidenciaron 7 grupos monofiléticos: 1) *A. bitaeniata* , 2) *A. eremnopyge* con *A. sp. Diamante*, 3) *A. agassizii* variedad Blue, 4) *A. agassizii*, variedad Red Pale, 5) *A. nijsseni* , 6) *A. sp. Arlequín*, y 7) *A. sp. Apache*.

El intrón más informativo para la identificación molecular de especies *Apistogramma* fue PMOPSI y el menos informativo fue RPEX. La posición filogenética de *A. agassizii* variedad Yellow, *A. eunotus*, *A. sp. Roter*, *A. sp. Púrpura* y *A. sp. Melgar* aún no está resuelta (nodo $\leq 50\%$).

AGRADECIMIENTOS

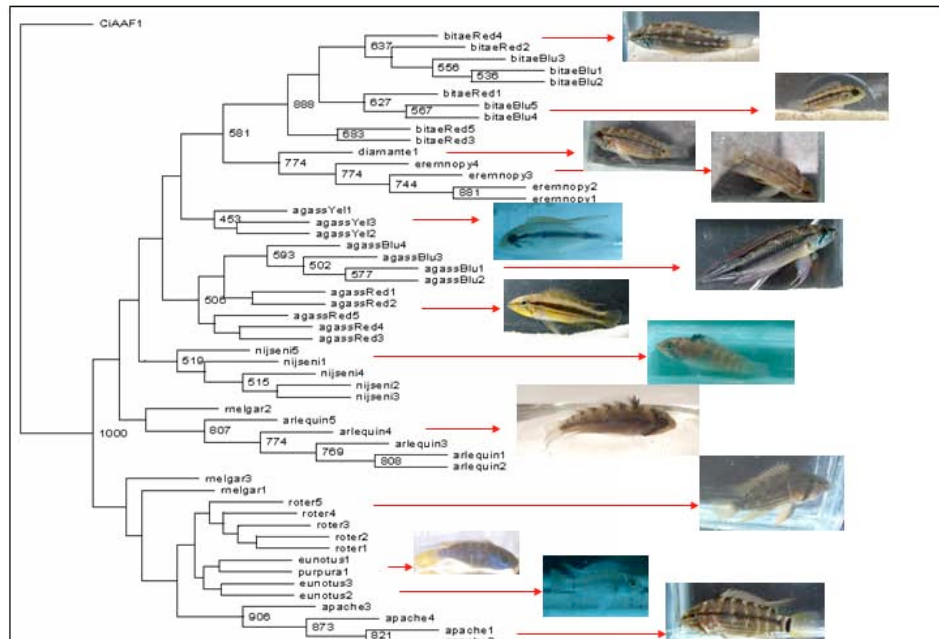


Figura 5. Cladograma de 14 especies / variedades de *Apistogramma* estimadas por el método de Santou & Nei (1987), a partir de los perfiles obtenidos con los intrones PMOPSI, Aldo B, CK, RPEX y Aldo C. El cladograma muestra la fuerza de los nodos (bootstrap) analizada para un valor de 1000 sorteos.

REFERENCIAS

- Bierne N., Lehnert E., Bedier E., Bonhomme F. & Moore S. 2000. Screening for intron-length polymorphisms in penaeid shrimps using exon-primed introncrossing (EPIC)-PCR. *Molecular Ecology*, 9:233-235.
- Chow S. & Takeyama H. 1998. Intron length variation observed in the cretine kinase and ribosomal protein genes of the Swordfish *Xiphias gladius*. *Fisheries Science*, 64: 397-402.
- Daguin C. 2000. Phylogéographie des moules du complexe d'espèces *Mytilus edulis*. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de L'université de Montpellier II. Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc. U.F.R. Sciences. Montpellier, France.
- Doyle, J. J.; Doyle, J. L. 1987. A rapid ADN isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19:11-15.

- Hubert N., Duponchelle F., Nuñez J., García-Dávila C., Paugy D. & Renno J. F. 2007. Phylogeographie of the piranha *Serrasalmus* and *Pygocentrus*: implications for the diversification of the Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology* 16(10) 2115-2136.
- Ibáñez C. 2002. Structure génétique et écologie des populations de *Cichla monoculus* (Téléostéen, Cichlidés) en Amazonie Bolivienne. Diplôme d'Études Approfondies (DEA), Biologie de l'Évolution et Écologie. Université de Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc. U.F.R. Sciences. Montpellier, France.
- Palumbi S. & Baker R. 1994. Contrasting Populations Structure from Nuclear Intron Sequences and mtDNA of Humpback Whales. *Molecular Biology and Evolution*, 11: 426-435.
- Quatro J., Jones W. J. & Oswald K. J. 2001. PCR primers for an aldolase-B intron in acanthopterygians fishes. *BMC Evolutionary Biology*, 1:9.
- Römer U. 2000. Natural History of South American Dwarf Cichlids Part 1. *Cichlid Atlas*.
- Römer U. 2006. Natural History of South American Dwarf Cichlids Part 2. *Cichlid Atlas*.
- Staek W. 2003. *Apistogramma spec.* Tucucruí. *Aquaristik Fachmagazin* 37(171): 58-60.
- Santou N. & Nei M. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4: 406-425.

VARIABILIDADE GENÉTICA DO GÊNERO *Brachyplatystoma* NA AMAZÔNIA.

K. Formiga-Aquino¹, J. S. Batista¹, G. C. M. P. Huergo², S. R. Briglia-Ferreira³, F. C. Rodrigues⁴ & J. A. Alves-Gomes¹

¹Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Biología Aquática.

E-mail: kyaraformiga@gmail.com

²Doutorado em Biología de Água Doce e Pesca Interior, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.

³Bolsista DTI LFCE/CPBA/INPA

INTRODUÇÃO

Cerca de 30 espécies de peixes são capturadas para fins alimentícios e comerciais na Amazônia. Dos peixes lisos (Siluriformes) comercializados na Amazonia, cerca de 95% da pescaria existente hoje na região é feita em cima de cinco espécies da Família Pimelodidae (Barthem & Goulding 1997), e quase 80% deste total é obtido somente pela captura de *Brachyplatystoma vaillantii* (piramutaba) e *B. rousseauxii* (dourada), *B. capapretum* (filhote capapreta) e *B. filamentosum* (Piraíba) (figura 1). Ao longo do sistema Estuário-Solimões-Amazonas, estas espécies são capturadas pela frota comercial e artesanal desde Belém, no estuário do rio Amazonas, até Iquitos aproximadamente 5500 Km a Oeste, próximo aos Andes peruanos. Atualmente, estas espécies são consideradas como as mais importantes para a pesca artesanal e comercial na Amazônia brasileira, colombiana, peruana, boliviana e venezuelana, com milhares de famílias na região dependendo direta e/ou indiretamente da atividade pesqueira sobre estes bagres (Bayley 1981, Zuanon 1990, Barthem & Goulding 1997). Hoje, com o desenvolvimento de técnicas moleculares e de marcadores genéticos, pode-se muito mais facilmente obter informações fundamentais sobre a estrutura genética e populacional das espécies de interesse. Isto tem permitido que se possa inferir, com muito mais propriedade, sobre a sustentabilidade da exploração pesqueira, em diversos pontos do planeta. O melhor aproveitamento dos recursos pesqueiros amazônicos, assim como a sustentabilidade da pesca, e conseqüentemente a melhoria das condições de vida de milhares de famílias que dependem destes recursos, a médio e longo prazo,

dependem de um plano de manejo e de políticas públicas fundamentadas em conhecimento científico.

Neste contexto, o projeto PIRADA (PIR de Piramutaba e Piraíba e ADA de dourada), realiza estudos sobre algumas espécies de bagres do gênero *Brachyplatystoma*: *Brachyplatystoma vaillantii* (piramutaba), *B. filamentosum* (piraíba), *B. capapretum* (filhote capapreta) e *B. rousseauxii* (dourada). Utilizando a região controle (DNAm_t) como marcador molecular, o projeto visa a identificação de estoques pesqueiros.

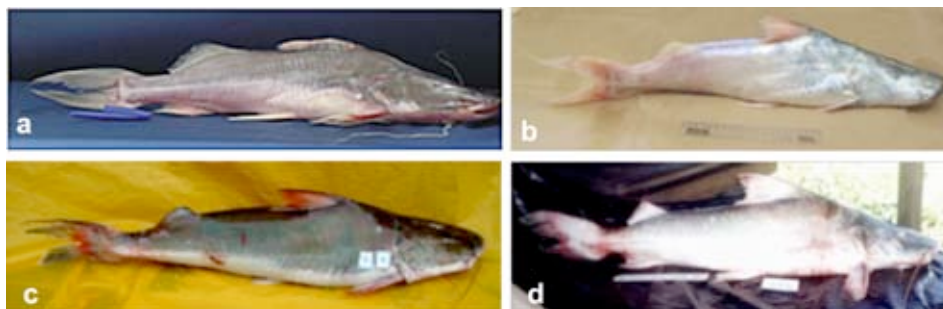


Figura 1. Bagres do gênero *Brachyplatystoma* mais comercializados na Amazônia sendo a: *Brachyplatystoma vaillantii* (piramutaba), b: *B. rousseauxii* (dourada) c: *B. capapretum* (filhote capapreta) e *B. filamentosum* (piraíba)

METODOLOGIA

O tecido muscular dos exemplares de dourada foi coletado junto a desembarques pesqueiros em localidades na Amazônia onde as espécies são comercializadas continental.

O DNA total foi extraído seguindo o protocolo de Doyle & Doyle (1990), com algumas modificações, e a região controle do DNA mitocondrial (DNAm_t) amplificada e purificada segundo Batista (2001). O sequenciamento nucleotídico foi realizado em seqüenciador megaBACE 1000 (GE Heath care – Amersham biosciences) no LTBM/COPE/INPA seguindo as recomendações do fabricante.

As seqüências nucleotídicas foram alinhadas, editadas e compiladas com o auxílio dos programas Bioedit 6.0.7 (Hall, 1999) e Chromas 2.23 (<http://technelysium.com.au/chromas>). As análises de variabilidade genética populacional, índices de diversidade molecular e fluxo gênico tais como: diversidade nucleotídica (Pi), número de haplotipos (H), diversidade haplotípica (HD), número total de mutações (ETA), número de sítios polimórficos (S) número de seqüências únicas (NS); e índice de

fluxo gênico (Nm) entre as localidades com o auxílio dos programas DNAsp 4.01 (Rozas & Rozas 1999) e Arlequin 2.01 (Schneider *et al.* 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dourada (*B. rousseauxii*) compreende uma única população geneticamente homogênea na Amazônia. As altas taxas de fluxo gênico entre as localidades amostradas demonstram que não foi observada correlação entre a distância genética e geográfica (Tabela I). A análise com a região controle (DNAm1) para esta espécie permitiu verificar que a localidade do estuário apresentou os maiores níveis de variabilidade genética, aparentemente em função de reunir os indivíduos gerados em diferentes afluentes do Solimões/Amazonas (Tabela II). Os resultados obtidos não permitem a confirmação do comportamento de *homing* (filopátrico) em dourada. Todos os tributários amostrados são igualmente importantes na composição e manutenção da variabilidade genética da dourada. A dourada compõe uma única população panmítica, distribuída na Amazônia brasileira e peruana, podendo ser considerada como um único estoque para fins de manejo e conservação, corroborando outros estudos envolvendo dados morfométricos e merísticos.

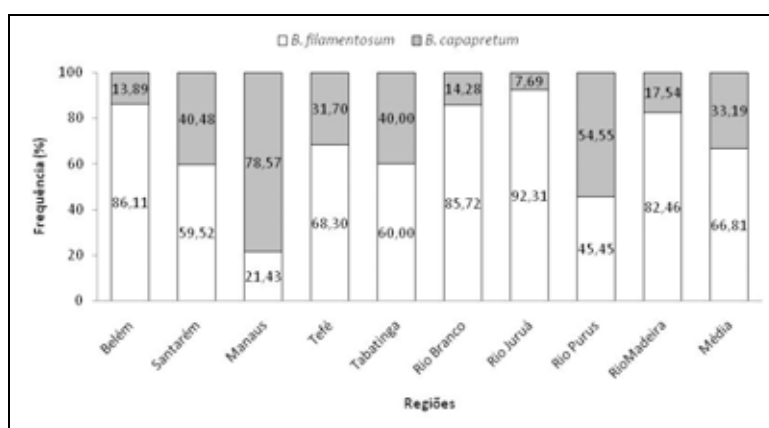


Figura 2. Frequências de *B. filamentosum* e *B. capapretum* por região, e a estimativa da frequência média de cada espécie entre as piraias comercializadas nos rios de águas brancas da Amazônia brasileira, reveladas pelo seqüenciamento da região controle do DNA mitocondrial.

A piramutaba apresenta altos níveis de variabilidade genética e compõem uma única população no eixo estuário- Amazonas-Solimões,

a partir de um estudo envolvendo espécimes amostrados em cinco localidades ao longo desse eixo (Belém, Santarém, Manaus, Tefé e Tabatinga), indicando que não houve diferenças significativas no sentido Leste-oeste (Tabela III). O mesmo cenário foi encontrado para a mesma espécie amostrada em quatro localidades da Amazônia brasileira: dois tributários de água branca, sendo um da margem esquerda (rio Japurá) e um da margem direita (rio Madeira), e em duas localidades do rio Solimões (Manaus e Tefé). Além de corroborar os dados já obtidos, da presença de um único estoque panmítico, o mesmo estudo não obteve diferenças significativas na variabilidade genética da espécie no sentido norte sul.

A “piraíba” ou filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*) é considerado o maior predador dos canais dos rios amazônicos e freqüentemente ultrapassa 100 kg de peso. Desde a década de 1970 já havia dúvidas sobre a possível existência de uma ou mais espécies de “piraíba”. Em 2005, *Brachyplatystoma capapretum*, conhecida como piraíba negra, foi descrita com base em caracteres morfológicos (Lundberg & Akama 2005). Embora seja possível a distinção entre as duas espécies pela observação atenta das diferenças entre os dentes da pré-maxila, é comum os peixes chegarem aos portos de desembarque sem a cabeça, o que dificulta a sua identificação. Além disso, os setores pesqueiros e governamentais ainda não se adaptaram à nova revisão taxonômica e consideram erroneamente as duas espécies, para fins de comercialização e estatística pesqueira, apenas como *B. filamentosum*. Possíveis diferenças nos padrões migratórios e na importância relativa de *B. filamentosum* e *B. capapretum* para a pesca comercial ainda são desconhecidos (Araújo-Lima & Ruffino 2003, Barthem & Goulding 2007). A partir de sequências da região controle foi possível verificar as freqüências de cada espécie por região, e a estimativa da freqüência média de cada espécie entre as “piraíbas” capturadas pela pesca comercial em rios de águas brancas da Amazônia brasileira, as quais são apresentadas na figura 2. Em todas as regiões, exceto em Manaus e no rio Purus, a freqüência de *B. filamentosum* foi superior à freqüência de *B. capapretum*. O valor médio das freqüências indicou que de cada três “piraíbas” comercializadas, aproximadamente duas são *B. filamentosum* e uma *B. capapretum*.

A piraíba (*B. filamentosum*) apresenta três estoques pesqueiros (clados), sendo cada estoque relacionado a cada tipo água (branca, preta e clara).

Tabela I. Fluxo gênico (par a par) estimado entre as 15 localidades amostradas para *Brachyplatystoma rousseauxii*, a partir dos valores de N_m (número de migrantes por geração baseado nos valores de FST), utilizando a região controle (DNAm1) como marcador molecula (Batista 2010). *Localidades* **Est**: Estuario; **San**: Santarém; **Tap**: Rio Tapajós; **Mad**: Rio Madeira; **PMa**: Porto Maldonado; **Man**: Manaus; **Bra**: Rio Branco; **Pur**: Purus; **Tef**: Tefé; **Jap**: Rio Japurá; **Jur**: Rio Jurua; **Içá**: Rio Içá; **Tab**: Tabatinga; **Iqu**: Iquitos; **Puc**: Pucallpa. **inf**: taxas de fluxo gênico que tendem ao infinito.

Localidades														
	Est	San	Tap	Mad	PMa	Man	Bra	Pur	Tef	Jap	Jur	Içá	Tab	Iqu
San	29,8													
Tap	81,1	4,9												
Mad	18,9	1293,1	4,6											
PMa	96,1	17,2	13,9	25,8										
Man	17,9	105,1	4,0	67,2	11,9									
Bra	8441,4	34,9	8,0	24,2	60,3	41,0								
Pur	73,7	inf	5,81	100,7	89,0	99,4	inf							
Tef	inf	194,6	12,3	37,3	43,2	170,6	inf	inf						
Jap	469,3	32,5	15,8	13,8	27,0	11,3	34,9	54,6	83,7					
Jur	inf	32,1	10,4	40,6	inf	21,9	inf	115,9	inf	35,3				
Içá	inf	137,0	20,6	73,7	39,2	98,2	inf	262,0	inf	38,2	inf			
Tab	22,13	inf	5,2	57,7	14,7	inf	39,9	138,0	144,2	12,3	24,6	235,7		
Iqu	33,63	28,7	3,6	32,7	20,3	114,5	64,65	57,5	132,7	15,1	57,3	42,1	23,4	
Puc	165,68	22,2	7,8	22,3	42,7	195,2	inf	124,2	inf	24,8	420	374,	37,1	inf

Tabela II. Parâmetros de diversidade genética da *Brachyplatystoma rousseauxii*, amostrada em 15 localidades da Amazônia, a partir da análise da região controle (DNAm). N: número de indivíduos seqüenciados; H: número de haplótipos; Hu: número de haplótipos únicos; %Hu: percentual do número de haplótipos únicos em relação ao número de haplótipos; S: número de sítios polimórficos; ETA: número total de mutações; MR: mutações restritas; HD: diversidade haplotípica K: média das diferenças nucleotídicas par a par; Pi: diversidade nucleotídica; D: teste de neutralidade de Tajima (D); Fs: testes de Fu (Fs) e Hri: índice de Raggedness (estimativa de expansão demográfica e distribuição mismatch) (Batista 2010).

Localidade	N	H	Hu	%Hu	S	ETA	MR	HD	K	Pi	D (Tajima)	Fs (Fu)	Hri (P)
Estuário	54	41	20	48,8	59	61	9	0,987 ± 0,007	8,773 ± 4,111	0,0096 ± 0,005	-1,112	- 24,65*	0,004 (0,950)**
Santarém	40	29	14	48,3	41	44	1	0,967 ± 0,019	8,160 ± 3,867	0,0089 ± 0,005	-0,54	- 13,82*	0,006 (0,936)
Rio Tapajós	5	4	0	0	16	16	0	0,900 ± 0,161	7,400 ± 4,171	0,0081 ± 0,005	-0,267	- 1,12	1,070 (0,113)
Rio Madeira	54	40	23	57,5	52	54	4	0,980 ± 0,009	8,404 ± 3,951	0,0092 ± 0,005	-0,902	- 24,48*	0,006 (0,738)
Porto Maldonado	43	24	11	45,8	42	43	4	0,952 ± 0,016	7,847 ± 3,724	0,0086 ± 0,005	-0,668	- 6,25*	0,015 (0,203)
Manaus	43	29	13	44,8	54	57	2	0,945 ± 0,024	7,694 ± 3,657	0,0085 ± 0,005	-1,357	- 13,12*	0,014 (0,432)
Rio Branco	54	41	27	65,9	47	50	2	0,979 ± 0,010	7,176 ± 3,417	0,0079 ± 0,004	-1,036	- 25,02*	0,005 (0,960)**
Rio Purus	42	30	14	46,7	42	43	3	0,969 ± 0,017	7,715 ± 3,668	0,0085 ± 0,005	-0,734	- 15,28*	0,014 (0,315)
Tefé	45	33	15	45,5	44	47	2	0,983 ± 0,009	8,167 ± 3,860	0,0090 ± 0,005	-0,655	- 18,10*	0,008 (0,723)
Rio Japurá	41	36	25	69,4	43	45	5	0,993 ± 0,008	8,670 ± 4,087	0,0095 ± 0,005	-0,483	- 24,72*	0,008 (0,629)
Rio Juruá	40	31	11	35,5	43	45	2	0,986 ± 0,009	8,182 ± 3,876	0,0090 ± 0,005	-0,673	- 17,50*	0,016 (0,251)
Rio Içá	43	37	23	62,2	54	56	3	0,990 ± 0,009	9,210 ± 4,318	0,0101 ± 0,005	-0,927	- 24,53*	0,010 (0,313)
Tabatinga	54	34	18	52,9	46	48	2	0,955 ± 0,017	7,560 ± 3,583	0,0083 ± 0,004	-0,854	- 16,77*	0,009 (0,724)
Iquitos	54	36	14	38,9	45	46	0	0,977 ± 0,010	7,272 ± 3,459	0,0080 ± 0,004	-0,895	- 20,98*	0,011 (0,501)
Pucallpa	40	28	12	42,9	43	45	2	0,954 ± 0,023	7,377 ± 3,523	0,0081 ± 0,004	-0,955	- 13,53*	0,007 (0,890)

Tabela III. Parâmetros de diversidade genética da *Brachyplatystoma vaillantii* amostrada em 5 localidades da Amazônia, a partir da análise da região controle (DNAMt). N: número de indivíduos seqüenciados; H: número de haplótipos; Hu: número de haplótipos únicos; %Hu: percentual do número de haplótipos únicos em relação ao número de haplótipos; S: número de sítios polimórficos; ETA: número total de mutações; MR: mutações restritas; HD: diversidade haplotípica K: média das diferenças nucleotídicas par a par; Pi: diversidade nucleotídica; D: teste de neutralidade de Tajima (D); Fs: testes de Fu (Fs) e Hri: índice de Raggedness (estimativa de expansão demográfica e distribuição mismatch) (Formiga 2004).

Localidade	N	H	Hu	S	ETA	MR	HD	K	Pi	D (Tajima)	Fs (Fu)	Hri (P)
Belém	30	30	27	61	6	57	1,000 ±0,008	13,669 ± 6,316	0,014 ±0,007	-0,553	-20,12	0,006 (0,922)
Santarém	30	26	19	69	8	63	0,990 ±0,011	15,18 ± 6,981	0,016 ±0,008	-0,515	-8,59	0,005 (0,960)
Manaus	30	29	25	72	7	65	0,997 ±0,009	14,602 ± 6,725	0,015 ±0,007	-0,791	-15,81	0,007 (0,643)
Tefé	30	29	27	63	8	57	0,997 ±0,009	13,793 ± 6,370	0,014 ±0,007	-0,631	-16,52	0,006 (0,928)
Tabatinga	30	30	27	65	7	58	1,000 ±0,008	14,664 ± 6,753	0,015 ±0,007	-0,382	-19,17	0,011 (0,316)

Tabela IV. Estimativas dos parâmetros genéticos para a região controle do DNA mitocondrial de *B. filamentosum* e *B. capapretum*.

Parâmetros	<i>B. filamentosum</i>	<i>B. capapretum</i>
n° de amostras	225	112
n° de haplótipos	130	53
n° de haplótipos únicos	96	40
Diversidade haplotípica (Hd)	0,9871 ± 0,0028	0,9509 ± 0,0106
Diversidade nucleotídica (π)	0,0118 ± 0,0060	0,0041 ± 0,0023
n° total de sítios	914	913
n° de sítios polimórficos (S)	68	34
Transições	63	27
Transversões	06	03
Indels	02	04

As estimativas dos parâmetros genéticos para a região controle do DNA mitocondrial de *B. filamentosum* e *B. capapretum* são apresentados na Tabela IV. Os valores da diversidade haplotípica foram semelhantes

para ambas as espécies. Por outro lado, os valores dos parâmetros genéticos (π e S) de *B. capapretum* demonstraram que essa possui um menor número de substituições na região controle do DNA mitocondrial, quando comparada com *B. filamentosum*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo-Lim C. A. R. M. & Ruffino, M. L. 2003. Migratory Fishes of the Brazilian Amazon. In: Carosfeld, J.; Harvey, B.; Baer, A.; Ross, C. (Eds.) Migratory Fishes of the South America: Biology, Social Importance and Conservation Status, World Bank Technical Paper, Victoria, 380 p.
- Batista J. S. 2009. Caracterização genética da dourada - *Brachyplatystoma rousseauxii*, Castelnau, 1855 (Siluriformes: Pimelodidae) na Amazônia por meio de marcadores moleculares mitocondriais e microsatélites: subsídios para conservação e manejo. Doutorado, PPGCBEV/ INPA, Manaus, 128 pp.
- Barthem R. B. & Goulding M. 1997. Os bagres balizadores: Ecologia, Migração e Conservação de peixes amazônicos. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá, CNPq.
- Barthem R. B. & Goulding M. 2007. Um ecossistema inesperado: a Amazônia revelada pela pesca. Amazon Conservation Association e Sociedade Civil Mamirauá, Lima. 241 p.
- Doyle J. J. & Doyle J. L. 1990. Isolation of plants DNA from fresh tissue. Focus. 12:13-15p.
- Formiga-Aquino K. 2004. Variabilidade genética da piramutaba - *Brachyplatystoma vaillantii* (Valenciennes, 1840) (Siluriformes - Pimelodidae) no sistema Estuário-Amazonas-Solimões. Mestrado, BADPI/INPA/UA, Manaus, 75 pp.
- Hall T. A. 1999. Bioedit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT. Version 6.0.7.
- Huergo G. P. C. M. 2009. Estimativa da diversidade genética da piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum*, Lichtenstein 1819) e da piraíba negra (*Brachyplatystoma capapretum*, Lundberg e Akama 2005), na Amazônia Brasileira, inferidas através do DNA mitocondrial: Subsídios para Manejo e Conservação. Doutorado, PPBADPI/ INPA, Manaus, 114 pp.
- Lundberg J. G. & Akama A. 2005. *Brachyplatystoma capapretum*: a New Species of Goliath Catfish from the Amazon Basin, with a reclassification of Allied Catfishes (Siluriformes: Pimelodidae). Copeia, 3: 492 – 516.
- Rozas J. & Rozas R. 1999. DnaSP version 4: an integrated program for molecular population genetics and molecular evolution analysis. Bioinformatics. 15, p.174-175, 1999.

Schneider S., Roessli D. & Excoffier L. 2000. Arlequin Version 2.000: A software for population genetic data analysis. Laboratório de genética e biometria. Universidade de Geneva, Suíça. Adquirido de: [http:// anthropologie. Unige.ch/arlequin](http://anthropologie.unige.ch/arlequin).

FILFOGENIA MOLECULAR DEL GENERO *Pseudoplatystoma* (BLEEKER, 1862): IMPLICACIONES BIOGEOGRÁFICAS Y EVOLUTIVAS

J.P. Torrico¹; N. Hubert², E. Desmarais³, F. Duponchelle⁴, J. Nuñez-Rodriguez⁴, J. Montoya-Burgos⁵, C. García-Dávila⁶, F.M. Carvajal-Vallejos⁷, A.A. Grajales⁸, F. Bonhomme³ & J.F. Renno⁴.

¹Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
E-mail: jptb_bioevol@yahoo.com

²IRD-GAMET-Montpellier, France

³Université de Montpellier 2, ISEM, Montpellier, France

⁴Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR 175, Calle Teruel N° 357, Lima, Perú

⁵Universidad de Ginebra, Dpto. de Zoología y Biología Animal, Suiza

⁶Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Av. Abelardo Quiñones Km 2.5, Iquitos, Perú

⁷Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia

⁸Departamento de Sistemas de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Calle 65 No. 26-10 Manizales, Colombia

INTRODUCCIÓN

Siluriformes neotropicales ampliamente distribuidos a lo largo y ancho de América del Sur y Central, la familia Pimelodidae constituye uno de sus grupos más diversos (50 a 60 géneros, 300 especies; Reis *et al.* 2004). Este grupo de especies presenta algunos de los casos más significativos para la pesca comercial y de subsistencia. Entre ellos, el género *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1862) es cada vez más importante para la acuicultura (Nuñez *et al.* 2008). Lastimosamente las diferentes especies del género se hallan bajo amenaza por efecto de la sobrepesca, las actividades hidroeléctricas, la contaminación y la deforestación (Carolsfeld *et al.* 2003). Más allá de una aparente uniformidad morfológica en el rango de distribución del género (ocupando las principales cuencas hidrográficas del continente) y por efecto de la compleja historia geomorfológica y fisiográfica que ha experimentado la región se han ido generado sospechas de que cierto nivel de diversidad críptica podría existir al interior del grupo (Buitrago-Suárez & Burr 2007). Esta idea promovió una reevaluación comprensiva de los caracteres morfológicos y anatómicos al interior de este género

(Buitrago-Suárez & Burr 2007). A partir de dichos estudios, las inicialmente tres especies reconocidas para el género: *P. fasciatum* (Linnaeus 1766), ampliamente distribuido en el Paraná, Amazonas, Orinoco, Magdalena y los ríos del Escudo Guayanés, *P. tigrinum* (Valenciennes 1840) en el Orinoco y Amazonas, y *P. corruscans* (Spix & Agassiz 1829) restringido a las cuencas del Paraná y del San Francisco, dieron lugar a ocho especies: *P. punctifer* y *P. tigrinum* viviendo en simpatría en el Amazonas, *P. metaense* y *P. orinocense* compartiendo la cuenca del Orinoco, *P. corruscans* y *P. reticulatum* parcialmente en simpatría en el Paraná, *P. magdaleniatum* restringido en el Magdalena y *P. fasciatum* en los ríos del Escudo Guayanés.

El objetivo del presente estudio fue por lo tanto: (1) definir los límites específicos al interior del género *Pseudoplatystoma* a través de un análisis filogenético incluyendo datos del Alto Madera para cubrir la ausencia de datos de esta región en el análisis morfológico; (2) comparar la filogenia resultante con los resultados del análisis anatómico-morfológico; y (3) analizar los patrones biogeográficos puestos en evidencia por los resultados.

METODOLOGÍA

El análisis incluyó un total de 212 muestras provenientes en su gran mayoría de la cuenca del Alto Madera y de la cuenca del Ucayali-Amazónica Superior. Por fuera de la cuenca Amazónica se obtuvieron muestras de la cabecera de la cuenca del Paraná, los ríos Corantijn, Iregu y Magdalena. Se complementaron los análisis con cinco secuencias parciales de la Región de Control mitocondrial publicadas en la base de datos GenBank.

Para establecer los límites específicos y determinar las relaciones filogenéticas al interior del género *Pseudoplatystoma*, se aislaron y secuenciaron dos marcadores moleculares mitocondriales: el *Citocromo-b* y la Región de Control (RC). El DNA mitocondrial ha demostrado ser un indicador confiable de las relaciones filogenéticas y de la estructura geográfica poblacional. El *Citocromo-b* (*Cyt-b*) es un gen que contiene posiciones con diferentes velocidades de evolución y conteniendo regiones conservadas y variables y por lo tanto constituye un marcador adecuado para fines filogenéticos a diferentes niveles de divergencia. Alternativamente, la Región de Control (CR) es una región no codificante que generalmente exhibe tasas de evolución molecular más elevadas.

Para la reconstrucción de las relaciones filogenéticas al interior del género se aplicaron métodos de Máxima Verosimilitud y Bayesianos a

ambos marcadores (708 pares de bases para *Cyt-b* y 974 bp para la Región de control) empleando los programas PhyML y BEAST v1.4.8. El modelo más adecuado de sustitución nucleotídica, la existencia de sitios invariables (I) y la tasa de heterogeneidad entre sitios (Γ) serán seleccionados entre 28 modelos alternativos bajo el Criterio de Información de Akaike utilizando el programa Ape.

Empleando el árbol de Máxima Verosimilitud estimado, se estableció una cronología de diversificación sobre las bases de un reloj molecular, empleando un método de Verosimilitud Penalizada-PL. La distribución geográfica de *P. magdaleniatum* y de las especies restantes se acomoda bien a un evento de vicarianza que ilustra el establecimiento de la cuenca del Magdalena por modificaciones orogénicas que datan de 11,8 millones de años -Ma- (Hoorn *et al.* 1995, Lundberg 1998). Este evento fue por lo tanto utilizado para calibrar el proceso. Para más detalles técnicos del presente trabajo, por favor referirse a Torrico *et al.* (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de los datos moleculares (figura 1) apoyan ciertos aspectos del trabajo que Buitrago-Suarez & Burr (2007) realizaron sobre bases morfológicas y anatómicas, sin embargo, otros aspectos permanecen conflictivos. Ambos estudios dan apoyo a la monofilia del género *Pseudoplatystoma* y muestran un perfil de distribución geográfica complejo. Los datos moleculares muestran que *P. tigrinum*, *P. corruscans*, *P. reticulatum* y la nueva especie *P. magdaleniatum* constituyen clados consolidados validando su estatus taxonómico. Por el contrario, la separación de un "clado *P. fasciatum*" (*P. fasciatum*, *P. punctifer*, *P. reticulatum*, *P. orinocoense*, *P. magdaleniatum* y *P. corruscans*) y de un "clado *P. tigrinum*" (*P. tigrinum* y *P. metaense*) sobre bases morfológicas no es consistente con los datos moleculares que muestran en cambio la existencia de cinco clados: *P. metaense* agrupada con *P. orinocoense* (92% de bootstrap para RC), *P. reticulatum* (95% y 78% para *Cyt-b* y RC respectivamente), *P. tigrinum* (100% para *Cyt-b* y RC), *P. corruscans* (100% para *Cyt-b* and RC) y *P. magdaleniatum* (100% para *Cyt-b* y RC). Las especies morfológicas *P. metaense* y *P. orinocoense* constituyen una unidad evolutiva única en base a los datos moleculares. Del mismo modo, los datos moleculares no han permitido diferenciar *P. punctifer* (Cuenca amazónica) de *P. fasciatum* (ríos del Escudo Guayanés). Un análisis detallado de estos casos nos lleva a concluir que por lo menos en el caso de *P. punctifer*, la nueva asignación taxonómica es errónea y por lo tanto se debería mantener el nombre original: *P. fasciatum*. En términos de los patrones

biogeográficos, se ha puesto en evidencia la existencia de tres grupos geográficos: Magdalena (*P. magdaleniatum*), Paraná (*P. corruscans*) and Amazon (*P. tigrinum*). La cronología estimada en el presente trabajo para los eventos de diversificación ligados a este perfil son consistentes con la descripción de la historia geológica de la región propuesta por Hoorn *et al.* (1995) y Lundberg (1998), quienes estimaron el establecimiento de las mencionadas cuencas durante el Mioceno tardío entre 11,8 y 10 Ma y el aislamiento primario del Orinoco entre 8,0 y 5,0 Ma.

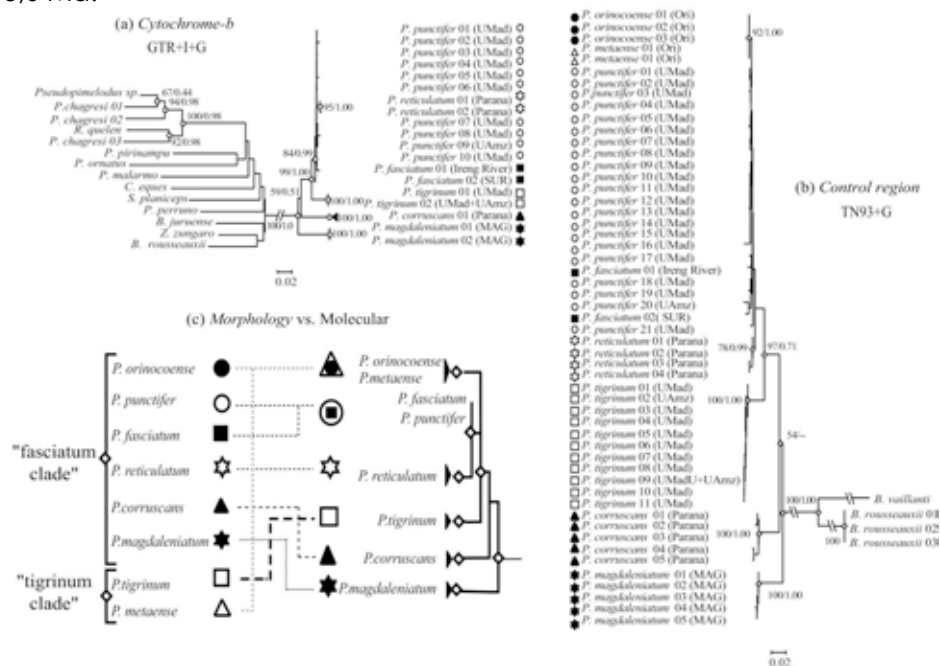


Figura 1. Filogenias de Máxima Verosimilitud para el género *Pseudoplatystoma* y comparación con la sistemática basada en la morfología; a) Cyt-b (GTR+I+G, $\Gamma = 0,404$; $\gamma = 0,889$); b) RC (TN93 + Γ , $\gamma = 0,420$); los valores de bootstrap mayores a 51% y las probabilidades posteriores mayores a 0.5 se ilustran en los nodos respectivos; c) congruencia entre la morfología y los datos moleculares. Los diferentes símbolos geométricos corresponden a diferentes especies; los diamantes representan los nodos con apoyo estadístico (Cyt-b/RC); UMad, Alto Madera; Uamz, Ucayali-Amazonía superior; Mag, Magdalena, SUR, Suriname.

A lo largo de este periodo, masivas incursiones marinas aislaron los terrenos más elevados (Escudo Brasileiro, Escudo Guayanés y el piedemonte andino) y por lo tanto se ha propuesto que pudieron haber tenido un papel potencial como agente de especiación alopátrica. En

estos procesos pueden estar el origen de la diferenciación de *P. tigrinum* y su linaje hermano (*P. fasciatum*, *P. punctifer*, *P. reticulatum*). Los datos de distribución y las estimaciones cronológicas son consistentes con este escenario. La subsecuente regresión de las aguas marinas hacia 4 Ma y el establecimiento definitivo del canal principal de la cuenca amazónica habrían permitido la recolonización ulterior de la Amazonía Central (Hipótesis del Museo Haq *et al.* 1987, Hoorn 1993).

Por otra parte se han establecido edades relativamente recientes para la aparición de *P. reticulatum* (hallado tanto en la Cuenca del Paraná como en la del Amazonas), entre 0,8 y 1,5 Ma, lo que no es consistente con el establecimiento primario de estas dos cuencas durante el Mioceno tardío (Hoorn *et al.* 1995, Lundberg 1998). Esto podría ser el resultado de una especiación reciente en relación con algún evento de vicarianza desconocido. Diversos autores han puesto en evidencia que eventos de captura de las cabeceras y reconexiones temporales entre las cabeceras de estas dos cuencas promovieron eventos de especiación por dispersión de larga distancia seguida de divergencia alopátrica (Lovejoy & Araujo 2000, Montoya-Burgos 2003, Hubert *et al.* 2007). La existencia de rutas de dispersión entre las cuencas, de las Guayanas, del Orinoco, del Amazonas, y del Paraná (Hipótesis hidrogeográfica, Montoya-Burgos 2003) ha sido demostrada para varias especies de peces (Hubert *et al.* 2007) y puede explicar el perfil de distribución de *P. reticulatum*. También se conoce que históricamente existió una zona de intercambio entre las cuencas del Amazonas y del Paraná. La existencia de rutas de dispersión entre el Río Essequibo y el Río Branco, a través de la sabana del Rupununi también es consistente con los datos presentados y la distribución geográfica de *P. punctifer*. Del mismo modo esta ruta de contacto secundario ha sido descrita y documentada (Lovejoy & Araujo 2000, Willis *et al.* 2007). Finalmente la naturaleza precisa y las relaciones filogenéticas relativas a las especies putativas del Orinoco merecen un análisis más profundo.

REFERENCIAS

- Buitrago-Suarez I.A. & Burr, B.M. 2007. Taxonomy of the catfish genus *Pseudoplatystoma* Bleker (Siluriformes: Pimelodidae) with recognition of eight species. *Zootaxa* 1512, 1–38.
- Carolsfeld J., Harvey, B., Ross, C., & Baer, A. 2003. *Migratory Fishes of South America: Biology, Fisheries and Conservation Status*. World Fisheries Trust/World Bank. IDRC, Victoria.
- Haq B.U., Hardenbol J. & Vail, P.R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science* 235, 1156–1167.

- Hubert N., Duponchelle F., Nuñez J., García-Dávila C., Paugy D. & Renno J.-F. 2007. Phylogeography of the piranha genera *Serrasalmus* and *Pygocentrus*: implication for the diversification of the Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology* 16, 2115–2136.
- Hoorn C., 1993. Marine incursions and the influence of Andean Tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: results of a palynostratigraphic study. *Paleogeography, Paleoclimatology and Palaeoecology* 105, 267–309.
- Hoorn C., Guerreiro J., Sarmiento G.A. & Lorente, M.A. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology* 23, 237–240.
- Lovejoy N.R. & Araujo L.G.D. 2000. Molecular systematics, biogeography and population structure of Neotropical freshwater needlefishes of the genus *Potamorhaphis*. *Molecular Ecology* 9, 259–268.
- Lundberg J.G. 1998. The temporal context for diversification of Neotropical fishes. In: Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, C.A.S., Lucena, Z.M.S. (Eds.), *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Edipucrs, Porto Alegre, pp. 13–48.
- Montoya-Burgos J.I., 2003. Historical biogeography of the catfish genus *Hypostomus* (Siluriformes: Loricariidae), with implications on the diversification of Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology* 12, 1855–1867.
- Nuñez J., Dugué R., Corcuy N., Duponchelle F., Renno J.F., Raynaud T., Hubert N. & Legendre M., 2008. Induced breeding and larval rearing of Surubi, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon. *Aquaculture Research* 39, 764–776.
- Reis R.E., Kullander S.O. & Ferraris, C.J. 2004. *Check List of Freshwater Fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre. 729pp.
- Torrico J.P., Hubert N., Desmarais E., Duponchelle F., Nuñez Rodríguez J., Montoya-Burgos J., García-Dávila C., Carvajal-Vallejos F.M., Grajales A.A., Bonhomme F. & Renno J.F. 2009. Molecular phylogeny of the genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1862): Biogeographic and evolutionary implications. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51, 588–594.
- Willis S.C., Nunez M.S., Montaña C.G., Farias I.P. & Lovejoy N.R. 2007. Systematics, biogeography, and evolution of the Neotropical peacock basses *Cichla* (Perciformes: Cichlidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44, 291–307.

VARIACIÓN HAPLOTÍPICA (DNAMT) DEL DORADO - *Brachyplatystoma rousseauxii* - EN EL ALTO MADERA, BOLIVIA

Fernando M. Carvajal-Vallejos^{1,2}, Fabrice Duponchelle^{3,6}, Juan Pablo Torrico⁴, Jesús Nuñez Rodríguez^{3,6}, Carmen García-Dávila⁵, Sophie Quéroil³, Susana Sirvas⁶ & Jean-François Renno^{3,5}

¹Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA), Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT), Universidad Mayor de San Simón (UMSS), calle Sucre frente al parque La Torre s/n, zona Las Cuadras, Cochabamba, Bolivia.
E-mail: fmcvalle@yahoo.com

²Asociación Faunagua, final Av. Máx Fernández, Zona Arocagua, Sacaba, Cochabamba, Bolivia.

³Institut de Recherche pour le Développement (IRD)-GAMET, UR175-CAVIAR, F-34000 Montpellier, France

⁴Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), La Paz, Bolivia.

⁵Laboratorio de Biotecnología, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), campus Quistococha, Iquitos, Perú.

⁶Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias (FOPCA), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Miraflores, Lima, Perú.

INTRODUCCIÓN

Brachyplatystoma rousseauxii (Castelnau 1855), comúnmente conocido como dorado, es un pez gato de la familia Pimelodidae (Siluriformes) con alto valor comercial en toda la cuenca Amazónica. Más de 18 000 toneladas de dorado son capturadas anualmente tan sólo en la porción brasileña del eje amazónico. Basados en la distribución secuencial de sus tallas a lo largo del drenaje (creciendo a medida que se desplazan río arriba), se presume que la especie realiza extensas migraciones y se ha convertido en una de las más emblemáticas para el sistema. La dominancia de individuos maduros en las proximidades de los Andes (parte alta) y de individuos inmaduros en las proximidades del estuario (parte baja), sugiere que la reproducción (parte alta) y crecimiento (parte baja y media) ocurren con alternancia en aquellas zonas. Los estados inmaduros inmersos en la corriente descendiente de las aguas llegarían a los refugios y recursos disponibles en el estuario hasta alcanzar una talla mínima (~50 cm), que les permita retornar nuevamente a las partes altas de la cuenca e incluirse a los planteles reproductivos una vez que alcancen la madurez sexual durante sus

movimientos progresivos aguas arriba (Barthem & Goulding 1997, Alonso & Fabré 2003).

Bajo este modelo, algunos autores han sugerido que los dorados adultos podrían retornar a los lugares donde nacieron para reproducirse ("homing") (Batista & Gómez 2006), pero aún no existen pruebas fehacientes que soporten esta hipótesis. Los pocos estudios publicados sobre la genética de poblaciones, indican que la especie parece estar poco estructurada. Batista y Alves-Gomes (2006), observaron mediante secuencias de la región de control (DNAMt) que no existe una segregación genética a lo largo del eje principal Solimões-Amazonas (Brasil). Por su parte, Coronel *et al.* (2004) usando de RFLP (DNAMt) encontraron que individuos de dorado colectados en las porciones altas de los ríos Beni y Mamoré (Alto Madera, Bolivia), forman parte de la misma unidad reproductiva.

En vista de la importancia del Alto Madera (Bolivia) para la diferenciación intraespecífica de varias especies de peces como *Serrasalmus rhombeus*, *S. spilopleura* y *Pygocentrus nattereri* (Hubert *et al.* 2007), *Colossoma macropomum* (Farias *et al.* 2010), por mencionar algunas, el presente estudio tiene por objeto determinar la estructura filogeográfica del dorado en la Amazonía boliviana y occidental (Perú), en base a los haplotipos de la región de control (DNAMt).

MÉTODOLÓGIA

Para evaluar la variación genética del dorado, se secuenció la región de control del DNA mitocondrial de 268 individuos obtenidos en tres localidades de la Amazonía boliviana y 25 en la Amazonía occidental (Mercado Belén, Iquitos, Perú), utilizando los cebadores diseñados por Agnès *et al.* (2006). Los ejemplares de Bolivia fueron obtenidos en dos puntos próximos a los Andes sobre los ríos Beni (Rurrenabaque, RU) y Mamoré (Puerto Villarroel, PV), y un punto cerca a la confluencia de los mismos ríos (río Beni, Cachuela Esperanza, CE) donde se origina el río Madera propiamente dicho (figura 1). Adicionalmente, se incluyó en los análisis 45 secuencias provenientes de tres localidades de la Amazonía brasileña (Belén, Manaos y Tabatinga) depositadas en GenBank por Bastista & Alves-Gomes (2006).

La genealogía de los haplotipos fue construida según el modelo de máxima verosimilitud implementado en el programa PhyML, y los análisis de estructura poblacional con el programa Arlequin.

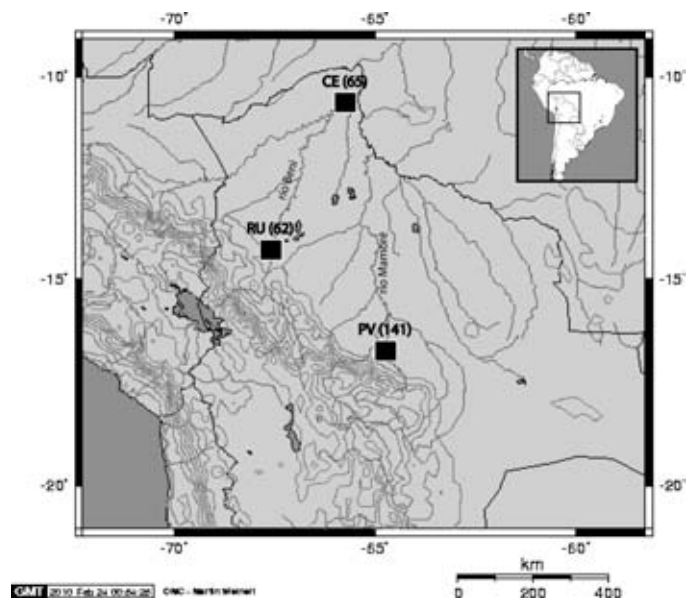


Figura 1. Localización geográfica de las colectas de *B. rousseauxii* en la Amazonía Boliviana. CE: Cachuela Esperanza; RU: Rurrenabaque; PV: Puerto Villarroel. Entre paréntesis el número de individuos obtenidos por localidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las secuencias de la región de control obtenidas para los 293 individuos provenientes de la Amazonía boliviana y peruana estuvieron repartidas en 136 haplotipos. La genealogía de todos los haplotipos incluyendo los 31 disponibles de la Amazonía brasileña, mostró un grupo monofilético estructurado en dos peines (dos haplogrupos); uno menor (bootstrap 70), compuesto en su mayoría por haplotipos propios del Alto Madera y unos pocos de Brasil y Perú, anidado en el mayor (bootstrap 100) (figura 2).

El análisis jerárquico de los niveles de sub-estructuración poblacional (AMOVA) de los respectivos grupos geográficos ((CE, RU, PV)(Perú)(Brasil)), mostró que el 1,4 % de la variación genética total correspondiente a la diferencia entre grupos ($\Phi_{CT} = 0,014$) no tuvo un soporte estadístico significativo ($p = 0,09$).

A diferencia de aquello, el 1,4 % de la variación total atribuida a la diferencia entre muestras geográficas dentro del grupo de la Amazonía boliviana ($\Phi_{SC} = 0,014$, $p = 0,02$), y el 97,2 % atribuido a las diferencias dentro de cada muestra geográfica ($\Phi_{ST} = 0,028$, $p = 0,002$), fueron estadísticamente significativos.

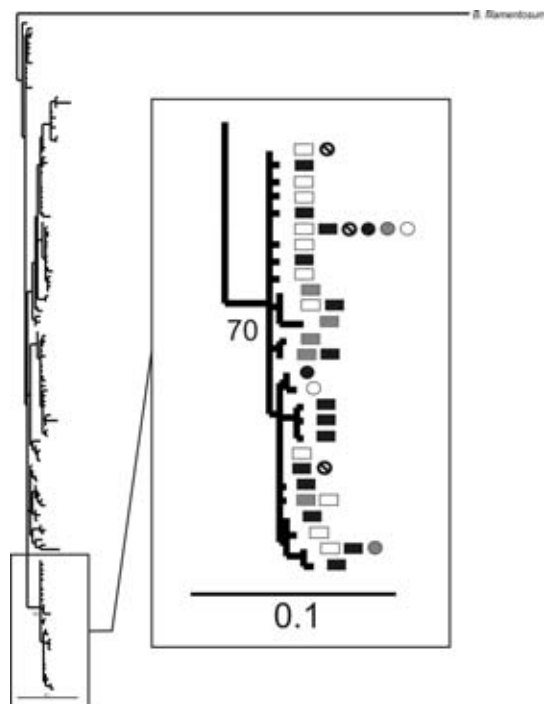


Figura 2. Filograma de máxima verosimilitud (AIC: F84+I+Γ) para los haplotipos (región de control) de *B. rousseauxii* provenientes del Alto Madera (Bolivia) y el eje principal del sistema Solimões-Amazonas (Perú-Brasil). ■: Cachuela Esperanza; □: Rurrenabaque; ■: Puerto Villarroel; ●: Tabatinga; ●: Manaus; ○: Belén; □: Iquitos. El número 70 representa el valor de bootstrap para el nodo de la rama dentro del recuadro.

En contraste, los valores de F_{ST} y Φ_{ST} fueron significativos (Tabla I) para todas las comparaciones de muestras geográficas, excepto entre Perú vs. Brasil y Rurrenabaque vs. Puerto Villarroel (figura 3). En consecuencia, dentro del Alto Madera las cabeceras de los ríos Beni (RU) y Mamoré (PV) formaron una unidad diferenciada de la porción baja del drenaje (CE). Los resultados de la AMOVA y Φ_{ST} , que incluye la divergencia nucleotídica, y del F_{ST} , muestran que la mayor variación observada proviene de las frecuencias haplotípicas más que de la divergencia nucleotídica.

Tabla I. Valores de F_{ST} (arriba de la diagonal) y Φ_{ST} (debajo de la diagonal) con sus respectivas significancias, entre las muestras geográficas de *B. rousseauxii* provenientes del Alto Madera (Bolivia, en gris) y el eje principal del sistema Solimões-Amazonas (Perú y Brasil). CE: Cachuela Esperanza; RU: Rurrenabaque;

PV: Puerto Villarroel; PE: Perú (Iquitos); BR: Brasil (Tabatinga-Manaus-Belén). *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ns: no significativo. Los valores negativos representan cero.

	CE	RU	PV	PE	BR
CE		0.015 **	0.012 **	0.017 *	0.034 **
RU	0.035 **		0.003 ns	0.010 *	0.017 **
PV	0.014 *	0.004 ns		0.010 *	0.025 **
PE	0.010 *	0.033 *	0.030 *		-0.006 ns
BR	0.030 **	0.022 *	0.039 **	-0.010 ns	

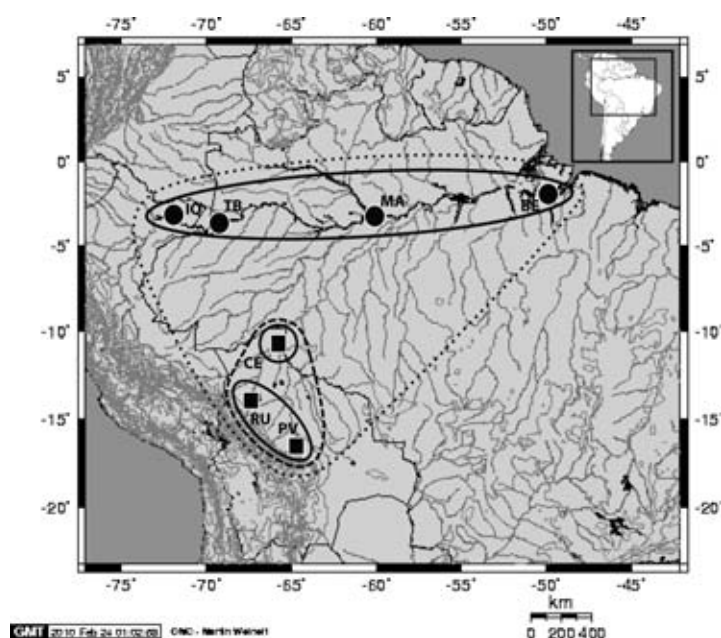


Figura 3. Estructura poblacional a nivel geográfico identificada a partir del análisis de frecuencias de la RC de *B. rousseauxii* en la cuenca alta del río Madera (Bolivia) y el eje principal del sistema Solimões-Amazonas (Perú y Brasil). La continuidad de las líneas es proporcional a la tendencia general de los valores de F_{ST} entre las poblaciones que encierran. Una línea más fragmentada representa un mayor valor de F_{ST} . IQ: Iquitos, TB: Tabatinga, MA: Manaos, BE: Belén, CE: Cachuela Esperanza, RU: Rurrenabaque, PV: Puerto Villarroel.

En relación a trabajos previos, la delimitación de dos poblaciones de dorado a nivel del Alto Madera en Bolivia fue parcialmente coincidente con los resultados de Coronel *et al.* (2004), quienes concluyeron, en base a un número reducido de ejemplares ($N=49$), que las cabeceras

de los ríos Beni y Mamoré reúnen una misma unidad reproductiva. Esta imagen obtenida para las cabeceras de dos sistemas distintos, podría ser el reflejo de la retención de un polimorfismo ancestral en el genoma mitocondrial de la especie si cada cuenca posee unidades filopátricas con predominancia. La identificación de una segunda población diferenciada cerca a la confluencia de ambos sistemas (Beni y Mamoré), conlleva a interrogantes sobre el comportamiento migratorio del dorado en la cuenca alta del río Madera.

Por otro lado, nuestros datos permiten extender la distribución de la población existente sobre el eje principal del sistema Solimões-Amazonas en Brasil (Batista & Alves-Gomes 2006) hasta la porción baja de la Amazonía peruana. Las informaciones obtenidas no permiten diferenciar poblaciones a lo largo del eje Solimões-Amazonas desde la zona de acción de la flota pesquera de Iquitos (Perú) hasta la desembocadura del Amazonas (estuario).

A nivel de la genealogía, el número reducido de haplogrupos bien diferenciados en las secuencias consideradas, puede deberse a que las poblaciones del Alto Madera y el eje principal del Amazonas derivan de una sola población ancestral reciente (no pasó tiempo suficiente para la formación de coalescentes). El haplogrupo anidado (bootstrap 70), podría ser la firma de una diferenciación antigua por la captura de una población en la cuenca del Alto Madera durante el pleistoceno u otra época más reciente. No obstante, esta hipótesis debe ser tomada con precaución hasta incluir y analizar secuencias adicionales de otras partes de la cuenca Amazónica y el Alto Madera que la confirmen o no.

Considerando el análisis de las frecuencias haplotípicas, la presencia de dos poblaciones en el Alto Madera diferenciadas de la población del sistema Solimões-Amazonas (Perú-Brasil), podría ser explicada por la existencia de una o varias poblaciones migratorias que se suman en una mayor y son indistinguibles en el eje brasileño-peruano, debido a un sesgo relacionado al tamaño muestral relativamente reducido. Por otra parte, las dos unidades identificadas podrían ser indicadores de poblaciones residentes de dorado en la cuenca alta del río Madera. En ambos casos, no se descarta la posibilidad de un retorno (homing) hacia las cabeceras de los tributarios del río Madera para la reproducción.

AGRADECIMIENTOS

Al IRD, IIAP y WWF (Education For Nature Program) por el financiamiento del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agnèse, J. - F.; Zentz, F.; Legros, O. & Sello, D. 2006. Phylogenetic relationships and phylogeography of the killifish species of the subgenus *Chromaphysiodon* (Radda, 1971) in West Africa, inferred from mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 40:332-346.
- Alonso, J. C. & Fabré, N. N. 2003. Spatial and temporal pattern of the population structure and current state of fishing exploitation of the dourada (*Brachyplatystoma flavicans*, Lichtenstein 1819) along the system estuary Amazonas-Solimões. In: Welcomme, R. L; Petr, T. (Eds.). Book of abstracts: Second international symposium on the management of large rivers for fisheries: Sustaining livelihoods and biodiversity in the new millennium. Phnom Penh: FAO and Mekong River Commission. Available from World Wide Web <www.lars2.org/unedited_papers/unedited_paper/Alonso.pdf>
- Batista, J. S. & Alves-Gomes, J. A. 2006. Phylogeography of *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriformes-Pimelodidae) in the Amazon basin offers preliminary evidence for the first case of "homing" for an Amazonian migratory catfish. *Genetics and Molecular Research*, 5(4):723-740.
- Barthem, R. & Goulding, M. 1997. The catfish connection, ecology, migration and conservation of Amazon predators. New York, USA. Columbia University Press.
- Coronel, J. S.; Maes, G. E.; Claus, S.; Van Damme, P. A. & Volckaert, F. A. M. 2004. Differential population history in the migratory catfishes *Brachyplatystoma flavicans* and *Pseudoplatystoma fasciatum* (Pimelodidae) from the Bolivian Amazon assessed with nuclear and mitochondrial DNA markers. *Journal of Fish Biology*, 65:859-868.
- Farias, I.; Torrico, J. P.; García-Dávila, C.; Santos, M. da C.; Hrbek, T. & Renno, J. F. 2010. Are rapids a barrier for floodplain fishes of the Amazon basin? A demographic study of the keystone floodplain species *Colossoma macropomum* (Teleostei: Characiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Artículo en prensa.
- Hubert, N.; Duponchelle, F.; Nuñez, J.; García-Dávila, C.; Paugy, D. & Renno, J.F. 2007. Phylogeography of the piranha genera *Serrasalmus* and *Pygocentrus*: implications for the diversification of the Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology* 16:2115-2136.

AVANCES DEL USO DEL "BARCODING" EN LA IDENTIFICACIÓN DE LARVAS DE BAGRES (SILURIFORMES) EN LA AMAZONIA PERUANA

Carmen García-Dávila¹, Werner Chota-Macuyama¹, Diana Castro-Ruiz¹, Gian-Carlo Vásquez⁵, Mike Corazón⁵, Juan García⁵, Fernando Carvajal², Homero Sánchez³, Fabrice Duponchelle⁴, Jesús Núñez⁴, Fred Chu-Koo³ & Jean-François Renno⁴

¹Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), campus Quistococha, Carretera Iquitos Nauta km 4.5, Iquitos, Perú.
E-mail: cdavila19@yahoo.com

²Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA), Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT), Universidad Mayor de San Simón (UMSS), calle Sucre frente al parque La Torre s/n, zona Las Cuadras, Cochabamba, Bolivia.

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

⁴Institut de Recherche pour le Développement (IRD), GAMET, UR175-CAVIAR, F-34000 Montpellier, France.

⁵Becarios del Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM), Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), campus Quistococha, Carretera Iquitos Nauta km 4.5, Iquitos, Perú.

INTRODUCCIÓN

La Amazonía peruana ocupa las dos terceras partes (747 284 Km²) de la superficie total del Perú y alberga una gran ictiodiversidad la cual representa mas de 3 000 especies para la toda la Cuenca Amazónica (Goulding *et al.* 1997). Muchas de estas especies tienen un gran potencial económico y constituyen un importante aporte para la acuicultura de la región. Los Siluriformes representan el 39% de las especies de la ictiofauna neotropical; dentro de ellos la familia Pimelodidae se caracteriza por presentar especies de gran porte conocidas como "grandes bagres", los cuales se distinguen por su tamaño, valor comercial en la pesca fluvial, así como por realizar largas migraciones en toda la cuenca Amazónica (Agudelo *et al.* 2000). En los últimos años los datos de desembarque muestran que estas especies vienen siendo capturadas con tallas inferiores a la talla de primera

maduración sexual, esto significa que se está explotando especímenes que aún no tuvieron la oportunidad de desovar (Montreuil 2000). La sobrepesca y la pesquería en tallas prohibitivas estarían causando la disminución de las poblaciones naturales, con la consecuente erosión genética (García *et al.* 2009).

Para comprender los procesos históricos, las relaciones entre las poblaciones, el flujo de genes, entre otros aspectos; actualmente se vienen realizando diversos estudios genéticos moleculares sobre la filogenia y filogeografía de diversas especies de peces amazónicos (Ortí *et al.* 2005, Batista *et al.* 2005, García *et al.* 2005, Renno *et al.* 2006, Hubert *et al.* 2007, Torrico *et al.* 2009). Los marcadores moleculares son considerados herramientas indispensables en estos tipos de estudios, debido a que proporcionan una visión más clara sobre la naturaleza y estado de conservación genética de las especies. Estas informaciones son valiosas en el establecimiento de planes de manejo y conservación más adecuados de estos recursos.

Para contribuir en forma efectiva a la bioconservación de las diferentes especies de grandes bagres es necesario conocer con mayor profundidad sus áreas de reproducción y sus épocas de desove. Para obtener estas informaciones tenemos dos posibles rutas; la primera a través del muestreo de especímenes adultos en los desembarques pesqueros, y la segunda, mediante el monitoreo de sus larvas en los cauces de los ríos. La primera opción además de ser más costosa por el elevado precio de los especímenes adultos, tiene la desventaja de que la mayoría de especímenes en edad reproductiva llegan al desembarque eviscerados (con la cavidad abdominal vacía) imposibilitando su análisis. La segunda opción es mucho más factible en cuanto a costos y viabilidad porque permitiría el monitoreo de varias especies a la vez. Pero existe mucha dificultad para diferenciarlos a nivel específico, debido principalmente a la semejanza morfológica que presentan estas especies en sus primeras fases de vida reportándose muchas veces sobreposiciones entre algunos caracteres diagnósticos (Araujo-Lima 1988, Nakatani *et al.* 2001, Leite 2007). Este estudio pretende contribuir a vencer este impedimento planteando la posibilidad de utilizar el secuenciamiento nucleótido como herramienta (barcoding) en la identificación de estas larvas a nivel específico a edades muy tempranas.

METODOLOGÍA

Colecta de larvas

La estrategia de colecta fue adaptada a partir de la metodología planteada en los estudios realizados por Leite (2007). La determinación

equitativa de los tres estratos de muestreo (superficial, medio y fondo) fue realizada teniendo en cuenta la profundidad del río y considerando que la red mas profunda debería estar a por lo menos tres metros del lecho del río. Las redes para la captura fueron redes cónicas para ictioplancton tipo Tucker Trawl, con una longitud de 2 metros, superficie de ingreso (boca) de 0,25 m² (0,45 X 0,55) y 1 mm de malla, con un frasco colector de un litro de capacidad en su extremo distal. Se utilizó un bote de madera de 10 m de largo y 2 de ancho. Las redes fueron fijadas en un cabo en cuyo extremo estaba asegurada un ancla de 20 kg. Las redes sumergidas por espacio de 15 minutos viajaban a contra corriente con ayuda de un motor fuera de borda de 15 HP (figura 1).

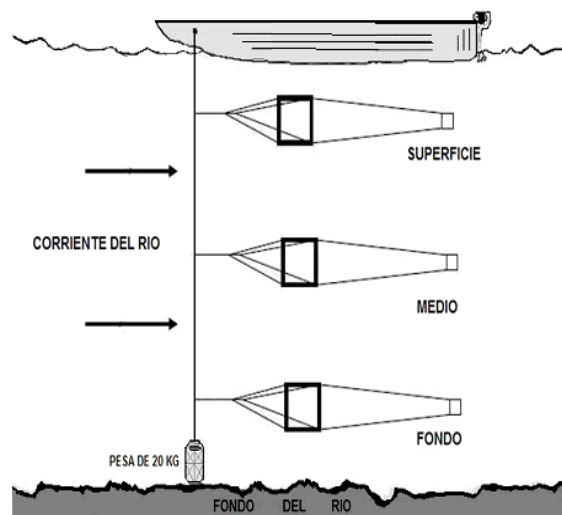


Figura 1. Esquema mostrando la colecta de larvas de peces mediante redes móviles a contra corriente en el cauce central del río.

Fueron sorteadas al azar 10 larvas de bagres colectadas en el río Ucayali (UCA), cuyas secuencias nucleotídicas fueron comparadas con secuencias de especímenes adultos de 15 especies identificadas taxonómicamente mediante caracteres morfológicos. La extracción fue realizada mediante el método CTAB (Doyle & Doyle 1987) a partir de tejido muscular de los adultos y del total de la larva, a la que se le extrajo los intestinos para evitar DNA exógeno (restos de Fito o Zooplancton del alimento).

La amplificación de la región D-Loop fue realizada utilizando los *primers*: DL20F: 5'-TTA GCA AGG CGT CTT GGG CT-3', DL20R: 5'-ACC CCT AGC TCC CAA AGC TA-3' (Agnèse, *et al.* 2006); y la región COI fueron

utilizados los primers FishF: 5'-TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC-3' y FishR: 5'-TAGACTTCTGGGTGGCCAAAGAATCA-3' (Hubert *et al.* 2008). Las reacciones de PCR fueron realizadas en un volumen total de 30 μ l, conteniendo 100 ng/ μ l de ADN molde (2,5 μ l), 5x de Buffer (6 μ l), 25 mM de MgCl₂ (1,8 μ l), 2 mM de dNTPs (3 μ l), 10 μ M de cada primer (1,2 μ l) y 5U/ μ l de Taq ADN polimerasa (0,24 μ l). El perfil de temperatura para la región D-Loop consistió de una denaturación inicial a 92°C x 3 min, seguidos de 30 ciclos de 92°C por 1min; 55,0°C por 1min y 72°C por 1:30 min; con una extensión final a 72°C por 3 min. Para la región COI el perfil de temperatura consistió de una denaturación inicial a 94°C por 2 min, seguidos de 35 ciclos de 94°C por 30 seg, 52°C por 40 seg y 72°C por 1 min, con una extensión final a 72°C por 10 min.

Los productos amplificados fueron secuenciados en un Analizador Genético 3130 de Applied Biosystems, siguiendo la metodología del fabricante. Para cada una de las regiones analizadas se elaboro una matriz conteniendo las 40 secuencias de larvas y adultos, con ayuda del programa de alineamiento múltiple ClustalW (Thompson *et al.* 1994). Para la determinación de la identidad de las larvas fue estimado primero el modelo de evolución molecular en base a la matriz de secuencias con ayuda del software R (Paradis *et al.* 2004). A continuación se construyó el árbol filogenético utilizando el software MEGA 4.0 (Tamura *et al.* 2007). El nivel de confianza fue testado mediante el método no paramétrico *bootstrap* con 1000 réplicas.

RESULTADOS

Construcción de las matrices de secuencias

Cuando alineadas las secuencias presentaban 563 pb para la región D-Loop y 512 pb para la región COI. En el caso de la región D-Loop 319 sitios fueron variables en 563 sitios analizados, pero fue necesaria la inserción de espacios o "gaps", con la finalidad de mantener la homología entre algunas de las bases nucleotídicas de los especímenes estudiados en la alineación de las secuencias en una matriz única. Las secuencias de la región COI fueron más conservadas, presentando una menor variación dentro y entre las especies (188 sitios variables en 517 sitios analizados, en contraste los 319 sitios variables en 563 sitios analizados de COI). No fue necesaria la introducción de gaps.

Determinación de identidad genética de las larvas

La identidad molecular de las larvas fue determinada a través de la comparación con secuencias de bagres adultos. Para esto se construyó un árbol filogenético (figura 2), bajo el método del vecino próximo (Neighbor-Joining – NJ), a partir del modelo de evolución nucleotídica para COI: GTR + Γ (Tavaré 1986) y para D-Loop: HKY85 + Γ (Hasegawa *et al.* 1985). Ambas topologías muestran los mismos padrones en cuanto al relacionamiento de las larvas con los adultos. Considerando las topologías de los árboles, la ubicación de las larvas si divergencia con los especímenes adultos relacionados, la fuerza de los bootstraps, podemos concluir que las larvas UCA140, UCA143, UCA184 y UCA183 son de *Brachyplatystoma filamentosum* (bootstrap: D-Loop = 100, COI = 99), UCA182, UCA158, UCA142 y UCA137 de *B. vaillantii* (bootstrap: D-Loop y COI = 100) y UCA147, UCA123 de *Pimelodus blochii* (bootstrap: D-Loop y COI = 100).

DISCUSIÓN

La identificación de las especies de peces en la amazonía es, en general, un gran desafío debido a la gran diversidad de la ictiofauna. Sin embargo, la identificación de sus larvas representa un desafío aun mayor (Leite *et al.* 2007) debido a que esta basada en el análisis de caracteres morfológicos como el conteo de miómeros o somitos y patrones de pigmentación; y caracteres morfométricos como longitud total, longitud estandar, diámetro del ojo, etc. (Araujo-Lima & Donald 1988, Nakatani *et al.* 2001). La literatura reporta una gran plasticidad en estos caracteres, que dificulta la realización de una identificación precisa de dichas larvas.

Así por ejemplo Araujo-Lima & Donald (1988) estudiando 29 especies del orden Characiformes del río Amazonas, verificaron que la mayoría de las especies de larvas estudiadas presentaron sobreposición en el número de miómeros. Sobreposición en los caracteres merísticos y morfométricos de larvas de peces amazónicos también fueron reportados por Nascimento & Araujo-Lima (2000), Leite *et al.* (2006), Leite *et al.* (2007). Estas sobreposiciones en los caracteres diagnóstico (número de somitos y padrones de pigmentación) estaría limitando el uso de los caracteres morfológicos como herramientas taxonómicas confiables en la identificación de larvas de peces.

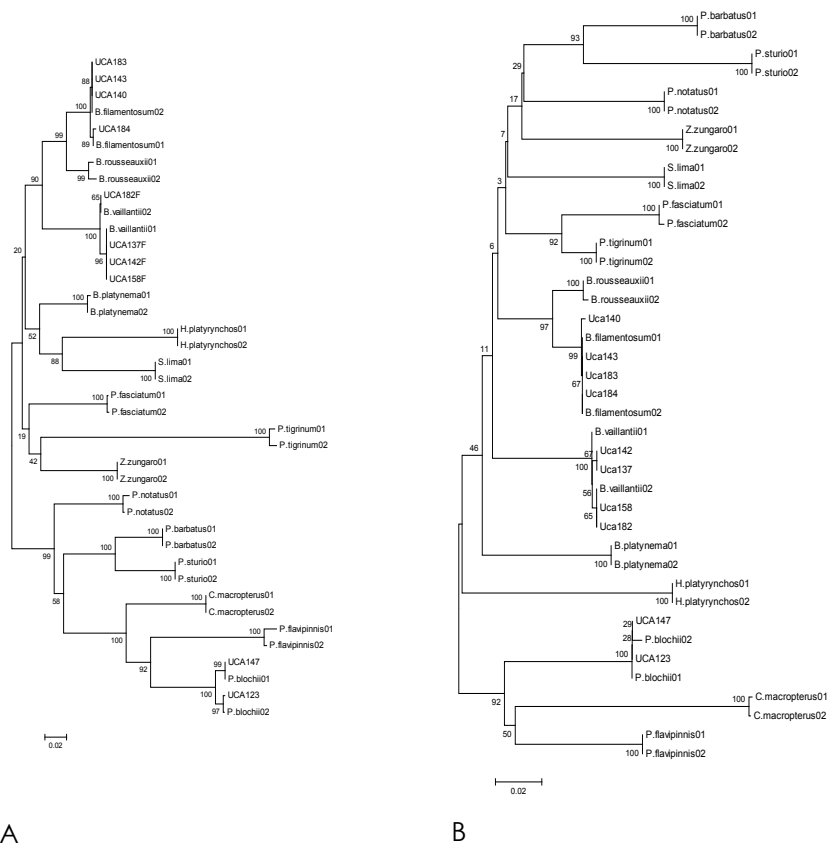


Figura 2. Árboles consensos de Neighbor-Joining (NJ), mostrando las relaciones entre las 10 larvas (colectadas en el río Ucayali) y los 30 especímenes adultos de bagres amazónicos, los números en las ramas son los valores de *bootstrap* para 1000 repeticiones. A: D-Loop y B: COI

En este sentido los resultados obtenidos en esta investigación, demuestran que el secuenciamiento nucleotídico puede ser considerado como una poderosa herramienta en la identificación de las especies de larvas de Siluriformes, siempre y cuando sean comparadas con secuencias de adultos perfectamente identificados.

En cuanto a la selección del marcador mas adecuada para la identificación de larvas, quedo demostrado que ambas regiones logran identificar las larvas hasta el nivel de especie (valores de bootstraps variaron entre 99% a 100%). Pero la identificación de las larvas de Siluriformes mediante la región COI es mucho más práctica que

mediante la región D-Loop. Debido que el COI es mucho más conservado, siendo menos engorrosa la elaboración de la matriz de secuencias, ya que no es necesaria la introducción de gaps para mantener la homología entre las secuencias. Esto confiere mayor seguridad ya que existe menor posibilidad de errar en el alineamiento. No obstante, no se puede rechazar la utilidad de un marcador molecular como la D-Loop para diferenciar especies cercanas en razón de su tasa de evolución elevada.

REFERENCIAS

- Agudelo, E., Salinas, Y., Sánchez, P., Muñoz, D., Alonso, J., Arteaga, M., Rodríguez, O., Anzola, N., Acosta, I., Núñez, M. & Valdéz, H. 2000. Bagres de la amazonía colombiana: un recurso sin fronteras. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). Bogotá. 253p.
- Agnèse, J-F.; Zentz, F., Legros, O. & Sellos, D. 2006. Phylogenetic relationships and phylogeography of the Killifish species of the subgenus *Chromaphyosemion* (Radda, 1971) in West Africa, inferred from mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 40, 332-346
- Araújo-Lima, C.A.R.M. & Donald, E. 1988. Número de Vértabras de Characiformes do rio Amazonas e seu uso na identificação da larvas do grupo. Brasil. *Acta Amazonica* 18 (1-2): 351-358p.
- Batista, J.S.; García, C.R.; Marão-Siqueira, T.; Castro, D.; Chota, W.; Formiga-Aquino, K. & Alves-Gomes, J.A.; 2005. Genética populacional da dourada – *Brachyplatystoma rousseauxii* (Pimelodidae – Siluriformes) na Amazônia Brasileira e Peruana. *Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica*. Iquitos – Perú. pp. 123 – 128.
- Barthem, R. & Goulding, M. 1997. Os Bagres Balizadores: Ecologia, Migração e Conservação de Peixes Amazonicos. Sociedade Civil Mamirauá/TCA/GEP/PNUD. Brasília. 140 pp.
- Doyle, J. J. & Doyle J. L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.* 19: 11-15
- García- Dávila, CR.; Torrico, J.P.; Desmarais, E.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. & Renno, J.F. 2005. Filogeografía de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachipomus* en la Alta Amazonía (Perú y Bolivia). In: J.F. Renno; C. García-Dávila, F. Duponchelle, J. Nuñez (Eds.) *Biología de las Poblaciones de peces de la Amazonía Peruana*. 129 – 134 p.

- García-Vásquez, A; Alonso, J.C.; Carvajal, F.; Moreau, J.; Núñez, J.; Renno, J.F.; Tello, S.; Montreuil, V. & Duponchelle, F. 2009. Life-history characteristics of the large Amazonian migratory catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Iquitos region, Peru. *Journal of Fish Biology* 75: 2527–2551
- Goulding M., Smith, N.J.H. & Mahar, D. 1997. *Floods of fortune: Ecology and Economy Along the Amazon*. Columbia University Press, New York. 184 p.
- Hall, T. A. 1999. BIOEDIT a user – friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Departament of Microbiology North Carolina State University. Nucl. Acids. Symp – Ser.* 41: 95 – 98.
- Hasegama, M.; Kishino, H. & Yano. 1985. Dating of the human-ape splitting by a molecular clock of mitochondrial DNA. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 22(2): 160-174.
- Hubert, N.; Duponchelle, F.; Nuñez, J.; García-Dávila, C.; Paugy, D. & Renno, J.-F. 2007. Phylogeography of the piranha genera *Serrasalmus* and *pygocentrus*: implications for the diversification of the Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology* 16(10) 2115-2136.
- Hubert, N.; Hanner, R.; Holm, E.; Mandrak, N.E; Taylor, N.; Burrige, M.; Watkinson, D.; Dumont, P., Curry, A.; Bentzen, P.; Zhang, J.; April, J. & Bernatchez, L. 2008 Identifying Canadian Freshwater Fishes through DNA Barcodes. *PLoS ONE* 3(6): e2490.
- Leite, R. G., Silva, J. V. & Freitas, C. E. 2006. Abundância e distribuição das larvas de peixes no Lago Catalão e no encontro dos rios Solimões e Negro, Amazonas. Brasil. *Acta Amazonica* 36 (4): 557-562.
- Leite, R. G., Cañas, C., Forsberg, B., Barthem, R. & Goulding, M. 2007. *Larvas dos Grandes Bagres Migradores*. Instituto Nacional da Pesquisas da Amazônia (INPA)/Asociación para la Conservación de la cuenca Amazónica (ACCA). Primera Edición. Manaus – Brasil. 127p.
- Montreuil, V. 2000. Situación regional del manejo de las pesquerías de los grandes bagres migratorios amazónicos, Informe técnico. Iquitos – Perú. 14 pp.
- Nascimento, F. L. & Araújo-Lima, C.A.R.M. 2000. Descrição das larvas das principais espécies de peixes utilizadas pela pesca, no pantanal. Brasil, Corumbá: Embrapa Pantanal. *Boletim de Pesquisa* Nº19, 25p.

- Nakatani, E., Agostinho, A., Baumgartner, G., Bialecki A., Vanderlei, P., Cavicchioli, M. & Simone, C. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce, desenvolvimento e manual de identificação. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Brasil. 378p.
- Ortí, G., Li, Ch., & Pires, I. 2005. Filogenia, filogeografía y estructura poblacional de las especies de *Prochilodus* (Prochilodontidae, Characiformes) en las principales cuencas fluviales de Sudamérica. In: J.F. Renno; C. García-Dávila, F. Duponchelle, J. Nuñez (Eds.) *Biología de las Poblaciones de peces de la Amazonía Peruana*. p116-122.
- Paradis, E.; Claude, J. & Strimmer, K., 2004. APE: Analyses of phylogenetics and evolution in R language. *Bioinformatics* 20: 289-290
- Tamura, K.; Dudley, J.; Nei, M. & Kumar, S. 2007. MEGA versión 4.0: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA). *Molecular Biology and Evolution* 24: 1596–1599
- Tavaré, S. 1986. Some probabilistic and statistical problems in the analysis of DNA sequences. *Lect. Math. Life Sci.* 17: 57–86
- Thompson, J.D., Higgins, D.G. & Gibson, T.J. 1994 CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position- specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Res.*, 22, 4673–4680.
- Torrico, J.P.; Hubert, N.; Desmarais, E.; Duponchelle, F.; Nuñez, J., Montoya-Burgos, J.; García-Dávila, C.; Carvajal-Vallejos, F.M.; Grajales, A.A.; Bonhomme, F. & Renno J.-F. 2009. Molecular phylogeny of the genus *Pseudoplatystoma* (Bleeker, 1862): Biogeographic and evolutionary implications. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51: 558-494.

Biología – Ecología

ESTRATÉGIAS DE VIDA E CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES DE PEIXES NA AMAZÔNIA CENTRAL

Nidia Noemi Fabré & Vandick da Silva Batista

Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde-
LABMAR. Rua Aristeu de Andrade, 482. Farol. Maceió - AL.
E-mail: tchonil@uol.com.br

INTRODUÇÃO

A dimensão e complexidade dos ecossistemas amazônicos, determinada pela alta diversidade dos ambientes, das espécies e ainda pelas flutuações climáticas sazonais e interanuais, exige uma abordagem sistêmica para a conservação da ictiofauna da Amazônia. Desde a década de 1970 tem sido gerada grande quantidade de informações técnico-científicas sobre a ecologia de peixes de áreas de várzea da Amazônia. Contudo, estudos que abordem os processos e interações ecológicas de forma condizente com a macroescala amazônica ainda são restritos. Neste cenário, no presente trabalho se tomaram como bases conceituais duas abordagens sistêmicas desenvolvidas para espécies de peixes amazônicas de áreas alagáveis. A primeira é aqui chamada de relação espécie-habitat (Barthem *et al.* 1997) e a segunda é o modelo de estratégias de vida para peixes de ambientes sazonais da América do Sul, formulado por Winnemiller (1989). A partir destas duas abordagens, foram compilados dados por espécies, por habitat e comportamento migratório, com o objetivo de analisar a relação entre estratégia de vida e tipo de habitat por ecossistema (lago e rio), discutindo o efeito dos movimentos migratórios na estruturação e dinâmica das comunidades na Amazônia Central.

METODOLOGIA

As características do ambiente e o comportamento migratório longitudinal e lateral dos peixes relatados por Lowe-McConnell (1987) e sua relação com o manejo e conservação formulado por Barthem *et al.* (1997), foram consideradas para estabelecer três categorias de manejo para a Amazônia: 1. Manejo para espécies sedentárias, 2. Manejo para espécies migradoras que utilizam a várzea em parte do seu ciclo de vida e 3. Manejo para espécies que realizam extensas migrações. A diversidade e bioecologia de peixes foi obtida a partir dos resultados de Granado-Lorencio *et al.* (2005). Estes autores estudaram as

assembléias de peixes em 36 lagos de áreas inundáveis do rio Amazonas cobrindo aproximadamente 1 570 km de extensão entre Santarém e Tefé, abrangendo lagos da Amazônia Central e Baixo Amazonas. De um total de 115 gêneros, com 194 espécies de peixes, 43 foram classificadas como migradoras de curta distância. Assumindo que as assembléias descritas por Gramado-Lorencio *et al.* (2005) são representativas da região da Amazônia Central e Baixo Amazonas, foi efetuada a associação dos gêneros com as estratégias de vida para os grupos com dados conforme Winnemiller (1989) e Barthem & Fabré (2004). Posteriormente, os gêneros foram alocados a cada um dos três grupos espécie-habitat: espécies lacustres, espécies rio-lacustres e espécies fluviais (Barthem & Fabré 2004). A cada grupo íctico foram associadas medidas para a conservação a partir de uma abordagem ecossistêmica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espécies lacustres

Nas assembléias da Amazônia Central há predomínio desta estratégia (54% das espécies), porém ocorre um elevado percentagem de espécies com estratégia periódica (42%) (Tabela I). Estas espécies devem ser consideradas como associadas aos ambientes lacustres das áreas alagáveis, mas não necessariamente sedentárias como originalmente proposto por Barthem *et al.* (1997). Usualmente são espécies que se movimentam menos, que são territorialistas, como os Ciclídeos que depositam os ovos sobre um determinado substrato, com ambos pais cuidando da prole por várias semanas (Kullander 2003). Tomando como base os conceitos de Dingle & Drake (2007), se considera que as espécies lacustres da várzea amazônica realizam movimentos sazonais de ida-e-volta, estes movimentos permitem a exploração de habitats criados no processo sucessional no sistema rio-área alagável gerado ao longo do período de enchente (criação de ambientes aquáticos) e na vazante (perda de ambientes aquáticos). Por outro lado, estes movimentos migratórios são facultativos, visto que são mecanismos adaptativos disparados quando ocorre criação ou retração de habitats. A magnitude dessas migrações locais também será o resultado da intensidade e duração da dinâmica de subida e descida do nível do rio.

Em relação à pesca, 48% das espécies analisadas no presente estudo para a Amazônia Central e Baixo Amazonas são exploradas comercialmente como alimento, e das quais 57,14% têm estratégia em equilíbrio (Tabela I). Isto indica uma fragilidade maior para os ambientes

lacustres, onde a capacidade de reposição destes estoques tende a ser menor e onde a conservação destas populações está estreitamente ligada à manutenção da diversidade e qualidade dos habitats.

Tabela I. Relação entre o tipo de habitat, a estratégias de vida (r2: periódica, r1: oportunista, k: em equilíbrio) e sua condição de explorada pela pesca, dos principais gêneros que habitam as áreas de várzea da Amazônia Central.

Espécies Lacustres	Gênero	Estratégia de vida	Pesca
O ciclo de vida esta associado a diversos ambientes de planícies de inundação principalmente lagos. Realizam deslocamentos de alcance restrito entre ambientes da planície de inundação. Tendência de apresentar baixo fluxo genético entre sistemas e formação de sub-grupos populacionais.	<i>Ageneiosus</i>	r2	x
	<i>Astyanax</i>	r2	
	<i>Auchenipterus</i>	r2	x
	<i>Ctenobrycon</i>	r2	
	<i>Eigenmannia</i>	r2	
	<i>Hypoptopoma</i>	r2	
	<i>Parauchenipterus</i>	r2	x
	<i>Serrasalmus</i>	r2	x
	<i>Tetragonopterus</i>	r2	
	<i>Thoracocharax</i>	r2	
	<i>Agamyxis</i>	K	
	<i>Ancistrus</i>	K	
	<i>Cichla</i>	K	x
	<i>Cichlasoma</i>	K	x
	<i>Crenicichla</i>	K	x
	<i>Geophagus</i>	K	x
	<i>Gymnotus</i>	K	
	<i>Hoplosternum</i>	K	x
	<i>Hoplias</i>	K	
	<i>Hypostomus</i>	K	x
	<i>Liposarcus</i>	K	x
	<i>Loricariichthys</i>	K	
	<i>Osteoglossum</i>	K	x
	<i>Roeboides</i>	K	
	<i>Charax</i>	r1	

Espécies rio - lacustres

Este grupo se compõe por espécies migradoras de médio porte (Lt máximo entre 20 cm e 60 cm), exceto *Colossoma macropomum* (Lt máximo= 120 cm). Este grupo utiliza tanto os lagos de várzea como a

calha dos rios de água branca, clara ou preta para cumprir seu ciclo de vida. As migrações são sazonais associadas com o nível do rio, de magnitude média, entre 400 e 500 km, com fins reprodutivos, trófico ou de dispersão. O total das espécies deste grupo tem estratégia periódica e compreende espécies das famílias, Anostomidae, Characidae, Hypophthalmidae, Myleidae, Prochilodontidae e Pimelodidae. (Tabela II).

Tabela II. Relação entre o tipo de habitat, a estratégias de vida (r2: periódica,) e sua condição de explotada pela pesca, dos principais gêneros que habitam tanto as áreas de várzea quanto os rios da Amazônia Central.

Espécies Rio – lacustres	Gênero	Estratégia de vida	Pesca
O ciclo de vida esta associado tanto a ambientes de planícies de inundação, quanto à calha do rio. Realizam migrações sazonais, de menos de 1000km, entre os lagos e o rio. Tendência de apresentar alto fluxo genético entre grupos de diferentes sistemas fluviais.	<i>Colossoma</i>	r2	x
	<i>Piaractus</i>	r2	x
	<i>Prochilodus</i>	r2	x
	<i>Pygocentrus</i>	r2	x
	<i>Schizodon</i>	r2	x
	<i>Brycon</i>	r2	x
	<i>Mylossoma</i>	r2	x
	<i>Pseudoplatystoma</i>	r2	x
	<i>Semaprochilodus</i>	r2	x
	<i>Hypophthalmus</i>	r2	x
	<i>Calophysus</i>	r2	x

As espécies rio-lacustres da várzea amazônica realizam migrações em escala meso-regional, conduzindo a redistribuição espacial dos indivíduos da população mediante a subida dos cardumes em busca de novos tributários, o que é conhecido como a migração do “peixe gordo” ou de dispersão. A segunda migração é reprodutiva, realizada, rio abaixo em busca de ambientes fluviais de mistura de águas brancas com pretas ou claras no final da seca. Em seguida, jovens e adultos ocupam ambientes de várzea para se alimentar. Desta forma, estas espécies desenvolveram uma estratégia que permite explorar a disponibilidade de alimento e de refúgios na enchente de forma eficiente, diminuindo a mortalidade característica dos primeiros estágios de vida, sem a necessidade de investir no cuidado parental. Estas migrações são obrigatórias, diferentemente das propostas para as

espécies lacustres, sendo estreitamente relacionadas à previsibilidade da subida e descida das águas condizente com a estratégia periódica (Winnemiller & Ross 1989).

Conforme os dados de monitoramento da pesca no eixo Solimões-Amazonas, o grupo rio-lacustre responde por, no mínimo, 77% da exploração pesqueira, apresentando várias espécies com indicações de sobrepesca. A conservação destas espécies também está estreitamente ligada a manutenção da integridade das áreas de várzea, com especial importância às rotas de migração para dispersão representadas pelos canais que estabelecem a conectividade entre os lagos e demais ambientes das áreas alagáveis com o rio principal.

Espécies de rio

As espécies de rio são bagres da Família Pimelodidae, de grande porte (Lt entre 80 cm a 200 cm), habitam principalmente a calha do Amazonas e seus tributários de águas brancas, claras e pretas. Realizam extensas migrações, maiores de 1 000 km. Até o presente, este grupo somente compreendem três espécies: *Brachyplatystoma rousseauxii* (dourada), *B. vaillantii* (piramutaba) e *B. platynemum* (babão). As três espécies apresentam estratégia periódica. Segundo Alonso (2002) e Alonso & Picker (2005), a estrutura populacional das espécies ao longo da calha é caracterizada por diferentes estratos de tamanho e idade. No caso da dourada é evidente um padrão de mudança na estrutura populacional do Estuário até as cabeceiras. Os jovens migrantes predominam até aproximadamente 1 200 km de distância do estuário, o que corresponde ao alto Amazonas (desembocadura do rio Madeira) e baixo Solimões (desembocadura do rio Purus). A partir de aproximadamente 1 800 km do estuário, a altura de Tefé, os adultos representam praticamente 70% da população. Finalmente a 3 000 km do estuário, em Tabatinga na fronteira com a Colômbia, são encontrados apenas adultos.

Brachyplatystoma rousseauxii e *B. vaillantii* são pescadas ao longo de toda a calha do Amazonas, desde o estuário até Iquitos (Peru). Na pesca artesanal efetuada na calha do Solimões – Amazonas, incluído o Estuário, estima-se ter uma produção pesqueira anual de 18 600 toneladas para dourada e 14 100 toneladas para piramutaba (Fabr   & Barth  m 2005). Esta pesca explora majoritariamente aos jovens, o que explica a sob

repesca de crescimento definida para ambas as espécies de jovens (Alonso & Picker 2005). Por outro lado essa atividade econ  mica representa a principal renda de grande parcela de populações

ribeirinhas do Amazonas (Fabr  & Barthen, 2005), assim um controle da pesca por meio de um tamanho mínimo de captura poderia gerar crise nesse setor da sociedade. Somado a este problema, recentemente o governo brasileiro aprovou a construção de um aproveitamento hidroelétrico no rio Madeira, o que vai interromper uma das rotas de migração, introduzindo mais um risco sobre estes grandes bagres migradores da Amazônia.

REFERÊNCIAS

- Alonso, J.C. 2002. Padrão espaço-temporal da estrutura populacional e estado atual da exploração pesqueira da dourada *Brachyplatystoma flavicans*, Castelnau, 1855 (Siluriforme: Pimelodidae), no sistema Est rio-Amazonas-Solimões. Manaus, AM. Doctoral thesis INPA/FUA.
- Alonso, J.C. & Pirker, L. 2005. Din mica populacional e estado atual de exploração de Piramutaba e de Dourada. In Fabr , N.N., Barthem, R.B. (Eds.). O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: Piramutaba e Dourada no eixo Solimões – Amazonas. ProV rzea/IBAMA, Manaus, AM. p 21-28.
- Barthem, R. B.; Fabr , N. N. 2004. Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In Ruffino, M.L. (Ed). A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia Brasileira. ProV rzea/IBAMA, Manaus, AM. p 11-55.
- Barthem, R.B.; Petrere Jr., M.; Isaac, V.; Ribeiro, M.C.L.B.; McGrath, D.; Vieira, I.J.A & Valderrama-Barco, M. 1997. A pesca na Amazônia: Problemas e perspectivas para o seu manejo. In Valladares Pádua, C., Bodmer, R. E., Cullen Jr., L. (Eds). Manejo e conservação da vida silvestre no Brasil. CNPq/Sociedade Civil Mamirauá, Belém, PA. p 173-185.
- Dingle, H. & Drake, A.V. 2007. What is migration? *BioScience* 57, 113-121.
- Fabr , N.N. & Barthem, R.B. 2005. O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: piramutaba e dourada no eixo Solimões/Amazonas. ProV rzea/IBAMA, Manaus, AM.
- Granado-Lorencio, C., Lima, R.M.A. & Lob n-Cervi , J. 2005. Abundance-distribution relationships in fish assembly of the Amazonas floodplain lakes. *Ecography* 28: 515-520.
- Kullander, S.O. 2003. Family Cichlidae (Cichlids). In. Reis, R.E., Kullander, S.O. Ferraris Jr., C.J. (Eds). Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre, RS. p 605-654
- Lowe-McConnell, R.H. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Winemiller, K.O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* 8: 225-241.
- Winemiller, K.O. & Rose, K. A. 1992. Patterns of life-history diversification in North American fishes: Implications for population regulation. *Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science* 49: 2196-2218.

PADRÃO DE VARIAÇÃO TEMPORAL DE PARÂMETROS REPRODUTIVOS DA ASSEMBLÉIA DE PEIXES DA AMAZÔNIA CENTRAL

Sidinea Amadio & Jansen Zuanon

Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (CPBA), Av. André Araújo,
2936, 69060-001 Manaus (Brasil).

E-mail: sidamadioinpa@gmail.com, amadio@inpa.gov.br

INTRODUÇÃO

A região do Catalão é um sistema singular formado por terrenos de várzea, com vários lagos interconectados, situado na confluência dos rios Negro e Solimões. A área é banhada por dois tipos de água: água branca proveniente do rio Solimões, considerada rica em nutrientes e água preta do rio Negro, caracterizada por ser de baixa produtividade em comparação às águas brancas (Rai & Hill, 1981). Brito (2006) concluiu que apesar de receber grande aporte de água do rio Negro, as águas do Catalão têm características físicas e químicas típicas de sistema de lagos de várzea.

Segundo Lowe-McConnell (1999) as áreas de várzea representam os principais locais para as atividades reprodutivas de peixes, evidenciando a importância do Catalão para a manutenção da ictiofauna local. De fato, este sistema apresenta uma grande abundância de peixes, sendo a riqueza, cerca de 250 espécies, superior à média observada para outros lagos de várzea da Amazônia Central (Vale, 2003).

Revisão atualizada da assembléia de peixes da área mostrou que a comunidade íctica está representada, em ordem decrescente de importância, por espécies das ordens Characiformes (42%), Siluriformes (36%) e Perciformes (12%). As demais ordens, Gymnotiformes, Clupeiformes, Osteoglossiformes, Tetraodontiformes, Synbranchiformes, Pleuronectiformes e Lepidosireniformes contribuem com menos que 5% na composição ictiofaunística da área.

Com o objetivo de determinar o padrão da reprodução da ictiofauna nessa área de várzea, foi utilizada uma série temporal de dados de 10 anos da intensidade reprodutiva da assembléia de peixes, o que permitiu uma avaliação de possíveis efeitos de mudanças climáticas sobre a ictiofauna local. Mais especificamente, foi possível avaliar os efeitos de uma seca extrema ocorrida na Amazônia durante o segundo semestre de 2005, a qual foi considerada, embora não unanimemente, como um indício de modificações climáticas em curso na região (INPE, 2005; ISA, 2005).

METODOLOGIA

Os exemplares foram coletados mensalmente, utilizando rede de espera (malhadeira) de tamanho padronizado, entre outubro/1999 e setembro/2009, correspondendo a dez anos hidrológicos de coleta, segundo proposta de Bittencourt & Amadio (2007). A reprodução da assembléia de peixes foi analisada temporalmente utilizando o Índice de Intensidade Reprodutiva (IR) (Vazzoler *et al.* 1997), considerando os períodos hidrológicos (seca, enchente, cheia e vazante), anos hidrológicos (Bittencourt & Amadio Op. cit.). Para tanto foram consideradas a duração em número de dias de cada período hidrológico e a intensidade (medida por meio do nível da água do rio Negro) durante o período de águas altas (enchente e cheia) e baixas (vazante e seca). A captura por unidade de esforço (CPUE) foi determinada em número de exemplares capturados por metro quadrado de malhadeira e os resultados foram comparados por meio de análises de variância (ANOVA), testes "t" de Student e análises de correlação de Pearson (Zar 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mostraram um padrão temporal de maior atividade reprodutiva durante o período da enchente, com a participação de 40% das espécies, e da seca, com 25%, representadas, em sua maioria, por espécies das ordens Characiformes e Siluriformes. De maneira geral houve atividade reprodutiva semelhante durante a cheia e vazante, respectivamente 12% e 10% do total de espécies em reprodução. Entretanto, a partir do ano hidrológico 4 (2002/2003), observou-se uma mudança nos valores de IR, com uma tendência a menores valores durante a vazante, a partir do ano imediatamente anterior à seca extrema ocorrida no ano 7 em 2005 (observar os "asteriscos" na fig. 1). Em relação à cheia, as espécies que mais contribuíram para a reprodução da assembléia pertenciam a ordens diferentes antes (Characiformes) e após (Siluriformes) a seca extrema. Durante a vazante as espécies que mais participaram do evento reprodutivo, em todos os anos hidrológicos foram da ordem Perciformes.

Os maiores valores de intensidade reprodutiva ocorreram entre os anos hidrológicos 1 e 5 (1999 e 2004) e coincidiram com secas e cheias mais curtas e enchentes mais longas. A intensidade reprodutiva anual diminuiu drasticamente a partir da seca do ano 6 (2004/2005), sendo

que o menor valor registrado até o momento coincidiu com o ano hidrológico 7 (2005/2006), cuja seca (105 dias) e cheia (161 dias) foram as mais longas, e a enchente (62 dias) a mais curta registradas para a última década. (Tabela I). De fato as análises de correlação entre IR e a duração da seca ($p=0,0085$) e cheia ($p=0,0078$) foram significativas, mostrando uma relação inversa entre as duas variáveis; os resultados para enchente e vazante não foram significativos, embora exista uma clara tendência de relação direta entre IR e duração da enchente. A análise de correlação considerando a intensidade dos períodos de águas altas e baixas não mostrou relação significativa com a IR.

Tabela I. Valores de IR e CPUE com os respectivos testes "t" antes e depois da seca extrema de 2005.

Ano	IR/CPUE	média	"t"	Período
1999/2000	1,3661/12	IR		Seca (73 dias)
2000/2001	1,4347/15	1,3706	IR	Cheia (122 dias)
2001/2002	-----		6,627	Enchente (114 dias)
2002/2003	1,2727/12	CPUE	$p<0,001$	
2003/2004	1,4090/13	13		Vazante (56 dias)
2004/2005	1,0322/10	IR		
2005/2006	0,7540/12	0,9224		Seca (105 dias)
2006/2007	0,9662/10		CPUE	Cheia (161 dias)
2007/2008	0,8476/11	CPUE	3,585	Enchente (62 dias)
2008/2009	1,0120/10	10	$p<0,001$	
				Vazante (41 dias)

Portanto, os resultados indicam que o sucesso reprodutivo da assembléia de peixes do Catalão está na dependência de uma enchente prolongada, o que permite o aparecimento de maior área inundada e de habitats, cenário propício para a desova das espécies que usam ambientes de várzea. A cheia prolongada parece contribuir para a degradação da qualidade da água, possivelmente aumentando a mortalidade inicial; já a seca prolongada, além de causar altos níveis de mortalidade, possivelmente impõe uma condição de estresse fisiológico para algumas espécies devido à forte restrição na oferta de alimento e de oxigênio. Os menores valores de IR registrados após o ano 6 (2004/2005) também podem ser parcialmente explicados pela diminuição dos valores de CPUE registrados para o mesmo período. O valor médio de CPUE anterior (13 ind/m²) ao evento da seca extrema foi significativamente maior ao encontrado após a seca (10 ind/m²) ($p=0,0089$; Tabela I).

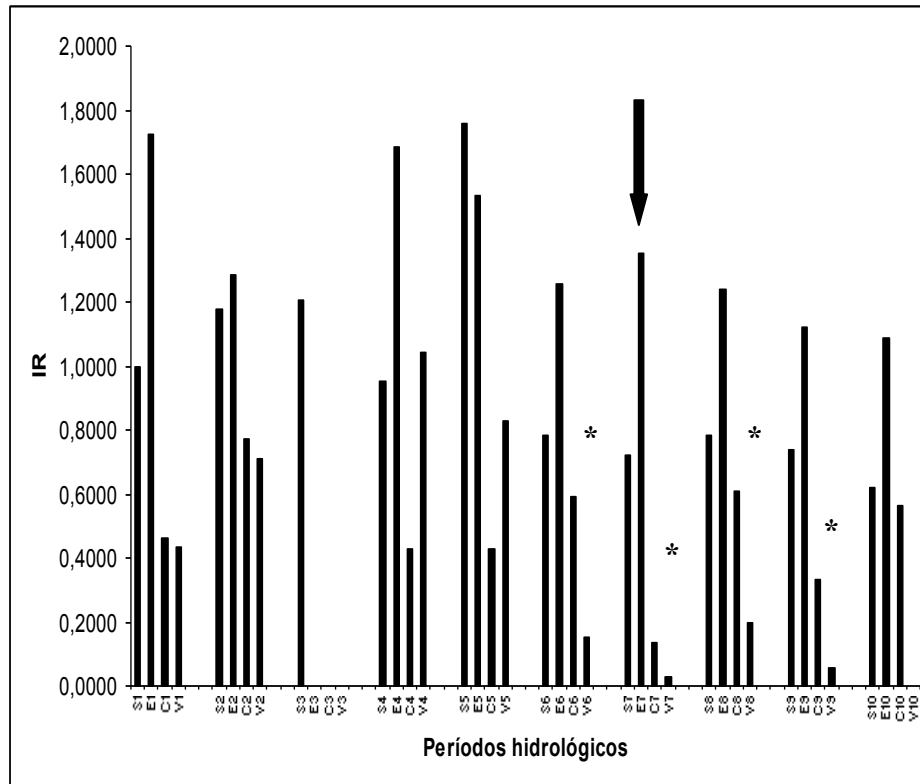


Figura 1. Variação temporal dos valores de IR da assembléia de peixes do Catalão. A seta indica a ocorrência da seca extrema no ano 2005/2006. S=Seca; E=Enchente; C=Cheia; V=Vazante acompanhado dos respectivos anos hidrológicos.

Entretanto, dentro do período anterior à grande seca, anos 1 a 5 (1999 a 2004), é possível observar uma tendência de relação direta entre valores de IR e CPUE, o que não acontece no período posterior (2005 a 2009) (Tabela 1). Isto pode significar que outros fatores, além da quantidade de peixes presentes no ambiente, podem determinar o sucesso reprodutivo da assembléia de peixes do Catalão, como o pulso de inundação nas áreas de várzea da Amazônia Central.

Considerando que a duração dos períodos hidrológicos, principalmente a seqüência seca/enchente/cheia pode determinar o sucesso reprodutivo das espécies em ambientes de várzea, os efeitos das mudanças climáticas podem ser determinantes para o recrutamento e conseqüentemente para a manutenção de estoques pesqueiros da Amazônia Central.

REFERÊNCIAS

- Bittencourt, M.M. & Amadio, S.A. 2007. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, 37(2): 303-308.
- Brito, J.G. (2006). Influência do pulso de inundação sobre variáveis limnológicas de um lago de várzea da Amazônia Central, lago Catalão. Dissertação de Mestrado, INPA, Manaus, AM, 191 p.
- Lowe-McConnell, R.H. 1999. Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 535 p.
- Rai, H. & Hill, G. 1981. Physical and Chemical studies of Lago Tupé: a central amazonian black water, "Ria Lake". *Int. Revue Ges. Hydrobiol*, 66 (1): 37-82.
- Vale, J.D. 2003. Composição, diversidade e abundância da ictiofauna na área do Catalão, Amazônia Central. Dissertação de Mestrado INPA/UFAM, 64 p.
- Vazzoler, A.E.A. de M., Lizama, M.A.P. & Inada, P. 1997. Influências ambientais sobre a sazonalidade reprodutiva. In: A.E.A. de M. Vazzoler, A.A. Agostinho e N.S. Hahn (eds.), *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos*. UEM, Maringá, pp. 267-280.
- Zar, J.H. 1984. *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall Editions, New Jersey, 718 pp.

CICLO DE VIDA, MERCADO EM REDE E CONSERVAÇÃO DOS GRANDES BAGRES MIGRADORES DA AMAZÔNIA NO RIO SOLIMÕES, BRASIL

André de Oliveira Moraes & José A. Alves-Gomes

Laboratório de Fisiologia Comportamental e Evolução – LFCE, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Av. André Araújo, 2936, Aleixo - 69060-001, Manaus, AM – Brasil.
E-mail: and.moraes@gmail.com

INTRODUÇÃO

A pesca é uma atividade intrínseca da população ribeirinha amazônica cuja dieta sempre contou com o peixe como item principal. Embora se estime que a bacia amazônica possua a maior diversidade de peixes do planeta (2.300 espécies descritas e com estimativas de que haja em torno de 5.000 no total) apenas 6 a 12 espécies representam 80% do desembarque nos principais portos da Amazônia Brasileira. Tal dado alerta acerca da necessidade de conservação considerando a importante função do peixe na segurança alimentar da população e como garantia de renda para os pescadores ribeirinhos e citadinos. Nesse contexto, os bagres, conhecidos no estado do Amazonas – Brasil como peixes-lisos, peixes de couro ou fera, destacam-se pela dimensão internacional do seu mercado. Tabus alimentares em torno do consumo desses peixes por parte da população do Amazonas (Brasil), combinados a uma demanda supranacional resulta numa complexa rede internacional de comercialização via Letícia (Colômbia) ou mesmo via Manacapuru e Iranduba, (Brasil). Isso tem alterado o processo produtivo no âmbito das pescarias e das relações econômicas e sociais. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa foi identificar e descrever a rede comercial do mercado de bagres nas cidades que compreendem a calha do rio Solimões (Brasil) verificando o reflexo desta na articulação entre as cidades.

METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas de campo em todas as dezesseis cidades da calha do Rio Solimões em momentos distintos (figura 1). As cidades de Tabatinga, Benjamim Constant, São Paulo de Olivença, Amaturá, Santo Antônio do Içá foram visitadas em setembro de 2007; Tefé em

março de 2008; Codajás e Coari, em setembro de 2008; Iranduba em maio de 2009. As demais cidades (Tonantins, Jutai, Fonte Boa, Uarini, Alvarães, Anori e Anamá) já possuem dados de pesquisas anteriores no âmbito do Programa de Estudos da Rede Urbana da Calha Solimões e Amazonas coordenado pelo NEPECAB e do “Projeto PIRADA: genética, manejo e conservação dos grandes bagres migradores na Amazônia” coordenado pelo LFCE e LTBM ambos do INPA.

Nestas cidades foram visitados os frigoríficos, mercados municipais, feiras e associações de pescadores além de entrevistas com os agentes da cadeia produtiva para identificar a estrutura de mercado e a rede de comercialização da pesca de bagres nas cidades da calha do rio Solimões. Nas entrevistas, foram coletados dados de origem e destinação da produção, preço e forma de transporte para traçar o trajeto que a mercadoria peixe faz da pesca ao seu consumidor final. As informações obtidas são de caráter qualitativo, entretanto foram tratadas de forma que se montou um cenário para análise a partir dos depoimentos dos que o constroem.

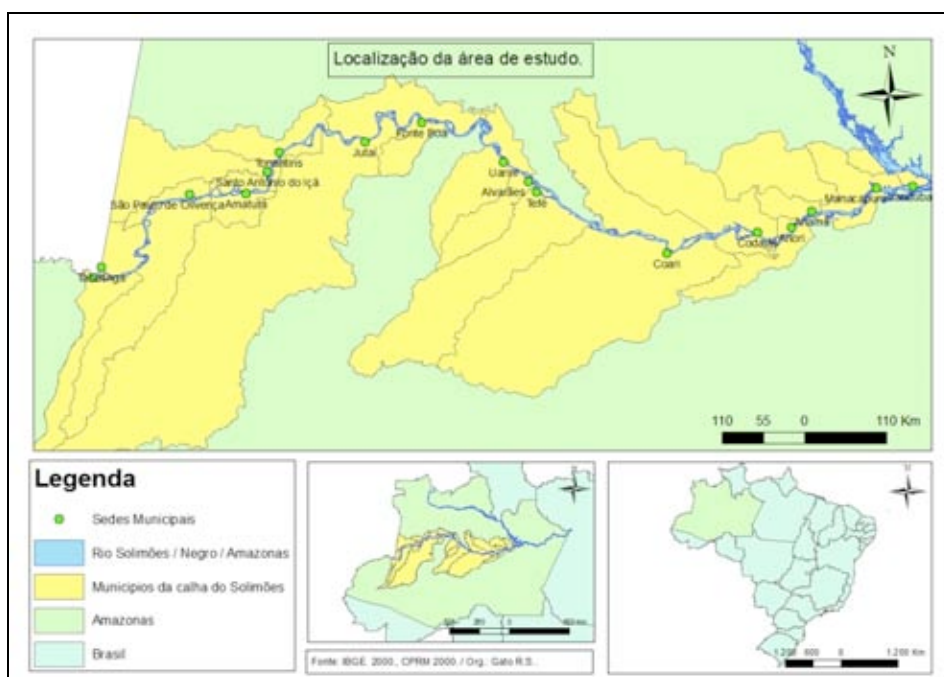


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo. FONTE: IBGE. Org.: Ronam Gato.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Proposta para uma Tipologia Comercial da Pesca

A complexidade da comercialização de peixes na Amazônia evidencia-se quando considerados aspectos relacionados à forma como este se apresenta no mercado. A proposição metodológica de análise vertical da cadeia produtiva considerando a unidade “cidades/regiões” tal qual propõem Batista *et al.* (2007), apresenta limitações analíticas quando se considera as especificidades de cada tipo de peixe e seus desdobramentos do mercado. Em campo foi perceptível a diferenciação comercial de peixes que se traduz de forma geral na proposta de tipologia comercial do pescado (Tabela I).

Tabela I – Tipologia comercial e a lógica de mercado das espécies estudadas.

Tipologia Comercial	Espécies (estudadas)	Lógica de Mercado
Peixes de Escama Populares	Jaraqui (<i>Semaprochilodus spp.</i>); Pacu (<i>Mylossoma spp.</i>); Curimatã (<i>Prochilodus nigricans</i>).	Local
Peixes de Escama Nobre	Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i>); Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>); Matrinxã (<i>Brycon cephalus</i>).	Regional
Bagres	Dourada (<i>Brachyplatystoma flavicans</i>); Piraputaba (<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>); Piraíba (<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>).	Internacional

FONTE: Dados da pesquisa.

Os peixes de escama populares são aqueles consumidos localmente, ou seja, seu mercado é a cidade onde muito dos pescadores residem. O preço desses peixes é muito baixo devido a sua relativa abundância, o que caracteriza tal popularidade, variando em torno de R\$ 2,00 e R\$ 3,50 o kg na tabela dos mercados da área de estudo. Na vazante, foi registrado o preço do curimatã a R\$ 0,40 o kg. Por não haver retorno financeiro suficiente, existem depoimentos de pescadores que não pescam peixes de escama popular na vazante.

Os peixes de escama nobres são espécies que geralmente alcançam maiores tamanhos e são bastante apreciados e, por conseguinte, valorizados no mercado devido a essa demanda. Essa característica faz com que aumente a pressão sobre os estoques desses peixes, o que

tem ocasionado cenários mercadológicos distintos. A matrinxã e o tambaqui, além da pesca artesanal, são alvos da piscicultura em boa parte dos Municípios e o pirarucu pode ser pescado apenas com planos de manejo como o existente na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá em Tefé.

A maior parte da produção de bagres no Amazonas é destinada à exportação para a Colômbia. Parente *et al.* (2005) destaca que, em 2001, 85% do peixe comercializado em Letícia – Colômbia provinha do Amazonas – Brasil. A rejeição por parte de população impulsiona a exportação e acentua o mercado de bagres. Essa condição justifica a lógica de mercado internacional que os bagres têm no âmbito da sua pesca no rio Solimões.

Das Redes de Pesca às Redes da Pesca: o mercado e as cidades em rede

A rede comercial de bagres apresenta uma dimensão extra-municipal e, por esse motivo, demanda uma análise horizontal considerando também os tipos de peixe e não somente a cidade/região. Nesse sentido, o conceito de rede urbana (Corrêa, 2006), entendido como um conjunto de centros urbanos articulados por fluxos tal qual o comércio de bagres, ajuda a interpretar essa realidade.

Embora a pesca seja atrelada à atividade rural, a frequência com que se encontram pescadores das cidades é alta. Além disso, os frigoríficos que concentram maiores índices de desembarque estão nas sedes dos municípios. Admite-se, portanto a face urbana desse mercado.

Nessa rede, algumas cidades desempenham funções específicas. A localização na fronteira com o mercado que absorve a produção brasileira, faz Tabatinga cumprir importante papel alfandegário para a exportação dos bagres, embora se saiba que não existe rigidez nesse processo.

Tefé exerce uma função logística pela capacidade de armazenamento com a presença de frigoríficos que absolvem a produção de no mínimo quatro municípios do entorno (Alvarães, Uarini, Japurá e Maraã). O Frigopeixe com capacidade de estocagem de 900 toneladas de peixe e fabricação de 50 toneladas de gelo por dia representa o mais expressivo entre os frigoríficos.

São Paulo de Olivença concentra a importância relativa ao transporte do peixe, pois é sede da empresa de transporte que oferece serviços para grande parte dos frigoríficos entrevistados nas demais cidades.

Alguns fatores influenciam na reorganização da rede de comercialização dos peixes. Dentre eles destaca-se a alteração do preço dos bagres com a sazonalidade do rio Solimões que está trelada à destinação prioritária da produção de bagres que, a princípio era

Leticia na Colômbia para as cidades do Alto e Médio Solimões. Com a inserção das empresas brasileiras Frigopesca, com sede em Manacapuru, e Iranduba Pescados, de Iranduba, nesse mercado o redirecionamento do destino da produção polariza-se entre Leticia (Colômbia) e Manacapuru e Iranduba (Brasil). O reordenamento dos fluxos dessa rede através da concorrência entre as empresas brasileiras e colombianas representa um novo momento que tem Tefé como o divisor de águas, de forma que os bagres desembarcados a montante de Tefé tendem a ser destinada para a Colômbia a jusante, para Manacapuru e Iranduba. Com isso, Manacapuru e Iranduba assumem destaque na rede de cidades com função industrial e exportadora.

Considerações Finais

Mesmo com os dados de desembarque escassos, é possível analisar a comercialização dos bagres e estabelecer a rede urbana qualitativamente utilizando-se dos dados existentes. A estrutura da cadeia produtiva se diferencia de acordo com a tipologia comercial de peixes, sendo que esta influencia diretamente na rede urbana da comercialização de bagres. A reorientação dos fluxos do mercado de Leticia para Manacapuru e Iranduba tem inúmeras implicações o que requer mais atenção a esse novo cenário que se desenha. A tipologia proposta apresentou-se como uma importante forma de distinguir, comercialmente, os peixes caracterizando-se como uma estratégia para políticas públicas no setor pesqueiro tanto de conservação quanto de renda e segurança alimentar para os pescadores das cidades e ribeirinhos.

REFERÊNCIAS

- Batista, V. S. Chaves, M. P. S. R. Faria Jr, C. H. Oliveira, M. F. G. Silva, A. J. I. & Bandeira, C. F. 2007. Caracterização Socioeconômica da Atividade Pesqueira e da Estrutura de Comercialização do Pescado na Calha Solimões-Amazonas. in: PROVÁRZEA/IBAMA. *O Setor Pesqueiro na Amazônia: análise da situação atual e tendências do desenvolvimento a indústria de pesca*. Manaus: IBAMA/PROVÁRZEA.
- Corrêa, R. L. 2006. *Estudos Sobre a Rede Urbana*. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL.
- Parente, V. M. Vieira, E. F. Carvalho, A. R. Fabr , N. N. 2005. A Pesca e a Economia da Pesca de Bagres no Eixo Solimões-Amazonas. in: FABR , N. N. BARTHEM, R. B. (orgs.). *O Manejo da Pesca dos Grandes Bagres Migradores: piramutaba e dourada no eixo Solim es-Amazonas*. Manaus: IBAMA; PROVÁRZEA, (Coleção Documentos Técnicos: estudos estratégicos).

SOBREEXPLOTACIÓN PESQUERA DEL DORADO EN LA AMAZONÍA PERUANA

Fabrice Duponchelle¹, Aurea García², Fernando Carvajal³, Jesús, Núñez¹,
Salvador Tello² Fred-Chu-Koo² & Jean-François Renno¹

¹Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR 175, Calle Teruel N° 357,
Lima, Perú.
E-mail: Fabrice.Duponchelle@ird.fr

²Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa para el
Uso y Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC, Av. Abelardo Quiñones
Km. 2.5, Iquitos, Perú.

³UMSS, ³Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA), Facultad de
Ciencias y Tecnología (FCyT), Universidad Mayor de San Simón (UMSS), calle
Sucre frente al parque La Torre s/n, zona Las Cuadras, Cochabamba, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

A parte de los delfines, los mayores depredadores del cause principal de los ríos en la Amazonia son los grandes bagres de la familia Pimelodidae, en particular los *Brachyplatystoma* spp. (Barthem & Goulding 1997). El piramutaba o manitoa, *B. vallantii* y el piraiba o saltón, *B. filamentosum*, ya fueron reportados como sobre explotados en Brasil (Barthem & Petrere 1995, Petrere Jr. *et al.* 2004, Alonso & Pirker 2005). Se sospecha que el dorado, *B. rousseauxii*, ya sobre explotado en la Amazonia central (Alonso 2002, Alonso & Fabre 2003, Alonso & Pirker 2005), podría también ser sobre explotado en las cabeceras (Agudelo *et al.* 2000, Petrere Jr. *et al.* 2004, Batista & Alves-Gomes 2006, Garcia *et al.* 2009a, Garcia *et al.* 2009b). El dorado tiene un ciclo de vida excepcional, con la migración más extensa para un pez de agua dulce (entre el estuario del Amazonas y las cabeceras de los ríos en el piedemonte Andino). En consecuencia, el dorado está masivamente explotado como juvenil en la Amazonia central y como adulto en las cabeceras (Agudelo *et al.* 2000, Petrere Jr. *et al.* 2004, Alonso & Pirker 2005, Barthem & Goulding 2007, García *et al.* 2009a, García *et al.* 2009b).

En el Perú, estudios recientes han mostrado: 1) una fuerte disminución de las capturas de dorado entre 1984 y 2008 (García *et al.* 2009a) y 2) que una grande proporción de los dorados están capturados debajo de la talla de madurez sexual (García *et al.* 2009b). Sin embargo, el dorado esta compartido entre diferentes países con regulaciones diferentes, y la

escasez de datos biológicos precisos impide el manejo adecuado del recurso. Un análisis reciente de datos extensivos (>15 000 dorados) obtenidos en la región de Iquitos, permitió caracterizar precisamente los rasgos de vida (reproducción, edad, crecimiento, mortalidad etc.) del dorado (García *et al.* 2009b). Estos rasgos de vida detallados fueron utilizados para calcular diversos índices para evaluar el estado de explotación del dorado en la Amazonía Peruana.

METODOLOGÍA

Diferentes indicadores de explotación han sido propuestos (Rochet & Trenckel 2003, Froese 2004) como alternativa a los clásicos "stock assessment models", frecuentemente ineficientes (Mace 2001):

- Tasa de explotación: $E = F/Z$, donde F = mortalidad por pesca y Z = mortalidad total. $E = 0,5$ es el punto de referencia arriba del cual la población está considerada sobre-explotada (Rochet & Trenckel 2003).

- Proporción de individuos maduros en las capturas. Cada individuo debería tener la posibilidad de reproducirse por lo menos una vez en su vida para asegurar una población sana, lo que significa que la talla mínima de captura debería ser superior a la talla de primera madurez sexual, L_m (Beverton 1992, Myers & Mertz 1998, Froese 2004). Lo ideal sería tener 100% de individuos maduros en los desembarques.

- Proporción de individuos capturados a la talla óptima (L_{opt}), que corresponde a la talla donde la tasa de crecimiento y esa de la cohorte son máximos (Beverton 1992, Froese 2004). Se calcula como:

$L_{opt} = L_{\infty} [3/(3+M/K)]$ (Beverton 1992), donde L_{∞} = talla asintótica, K = coeficiente de crecimiento, M = coeficiente de mortalidad natural. Lo ideal sería que: $L_{opt}-10\% < 100\% \text{ capturas} < L_{opt}+10\%$

- Proporción de mega-spawners en las capturas, que se calcula como el % de individuos $> L_{opt}+10\%$. Este índice se basa en el descubrimiento reciente que los mega-spawners, que son los individuos más viejos y grandes de la población, tienen un papel dominante para la salud de la población = seguro de resiliencia contra las incertidumbres del reclutamiento (Berkeley *et al.* 2004, Froese 2004, Birkeland & Dayton 2005, Venturelli *et al.* 2009). Debido a sus grandes tallas, los mega-spawners tienen una mayor fecundidad, épocas de reproducción más largas (por sus reservas corporales mayores), y producen larvas con mayor sobrevivencia y crecimiento.

Como viven más tiempo, tienen también vidas reproductivas más largas, lo que les permite incrementar sus probabilidades de tener descendientes. El ideal, en una población manejada, sería no tener ningún mega-spawner en los desembarques. En una población no manejada, 30-40% de mega-spawners en las capturas refleja una

población sana, mientras que valores $< 20\%$ indican una población en peligro (Froese 2004).

RESULTADOS

Entre 1995 y 1999, una buena parte de los peces fueron capturados por debajo de la talla de primera madurez sexual (L_m), entonces como juveniles (figura 1).

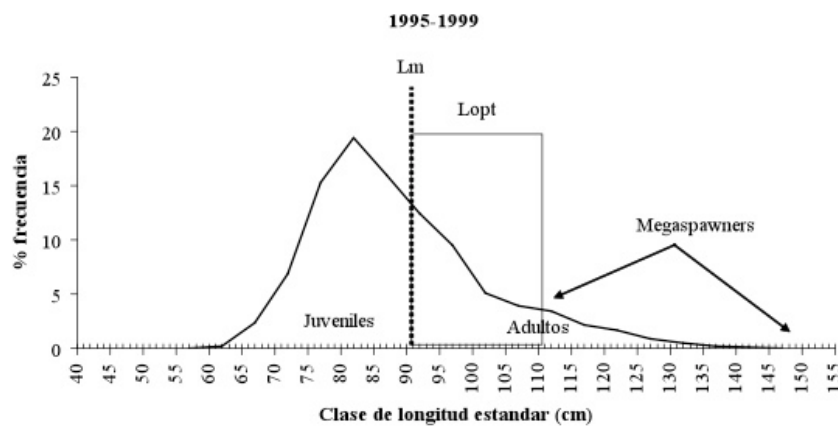


Figura 1. Distribución de frecuencia de tallas del dorado (hembras y machos) en los desembarques de Iquitos entre 1995-1999.

Solo una pequeña fracción de los peces fue capturada dentro del rango de talla óptima (L_{opt}).

Durante este periodo, alrededor del 46% (27-59%) de las hembras capturadas eran inmaduras (figura 2), casi un 42% (33-51%) fueron capturadas dentro del rango de longitud óptima y solamente un 14% (8-26%) de ellas fueron mega-spawners.

Aproximadamente 59% (42-72%) de los machos capturados eran inmaduros (figura 3), casi 43% (30-59%) fueron capturados a dentro del rango de longitud óptima y solamente un 4% (2.5-6%) fueron mega-spawners.

Cuando se consideran todos los individuos (hembras, machos e individuos eviscerados), alrededor del 62% (47-71%) eran inmaduros (figura 4), cerca del 30% (23-39%) fueron capturados dentro del rango de longitud óptima y solamente un 8,6% (3-17%) fueron mega-spawners.

Las tasas de explotación calculadas fueron $E = 0,49$ para las hembras, $E = 0,61$ para los machos y $E = 0,57$ para todos los individuos. Además de las hembras, que se encuentran al límite, las tasas de explotación, superiores a 0,5 indican sobreexplotación.

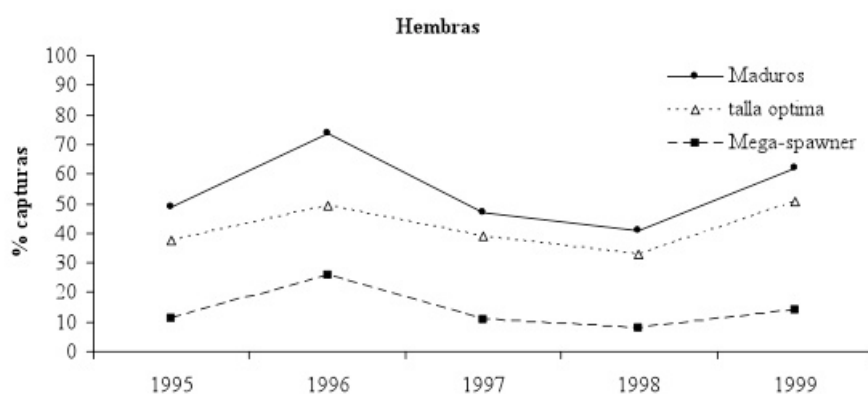


Figura 2. Proporción de hembras en el rango de talla optima, de hembras maduras y mega-spawners en los desembarques de lquitos entre 1995-1999.

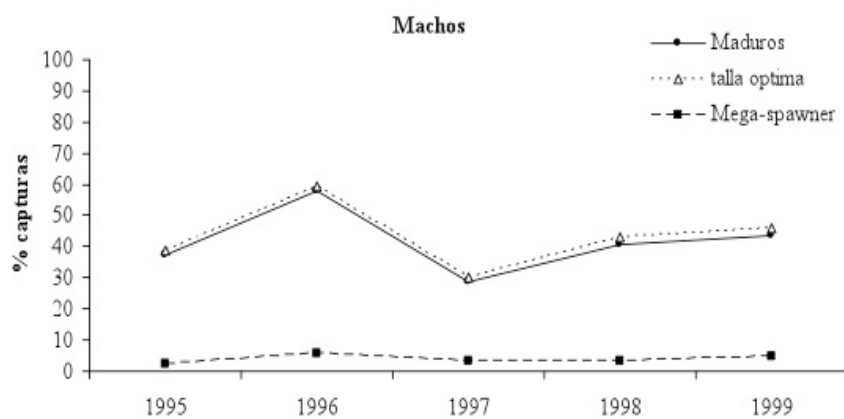


Figura 3. Proporción de machos en el rango de talla optima, de machos maduros y mega-spawners en los desembarques de lquitos entre 1995-1999.

DISCUSIÓN

Los resultados indican una sobrepesca tanto de crecimiento (extracción de inmaduros) como de reclutamiento (extracción de reproductores) en la Amazonia peruana. ¿Pero cual es la tendencia en otros países? Brasil representa casi el 60% de los desembarques totales de dorado: 51% provenientes del estuario-bajo Amazonas y 9% de la Amazonia central (Barthem & Goulding 2007) y las capturas están compuestas exclusivamente de juveniles y pre-adultos, existiendo una sobrepesca de crecimiento en Brasil, con una tasa de explotación estimada a $E = 0,72$ (Alonso 2002, Alonso & Fabre 2003, Alonso & Pirker 2005). No existen datos publicados sobre Ecuador. Los estudios están en curso en la Amazonia boliviana (tesis de doctorado de Fernando Carvajal), pero de manera general, los dorados parecen tener tallas promedio mas pequeñas en Bolivia. En Colombia, Agudelo *et al.* (2000), con datos de 1995-1998, encontraron que en los ríos Guaviare y Caquetá, el porcentaje de individuos inmaduros en las capturas era ~ 70%. En los ríos Putumayo y Amazonas, era > 80%. Como estos mismos autores sugieren que la talla de madurez (aprox. 100 cm LS) podría estar sobre estimada, la proporción exacta de individuos inmaduros tendría que ser re-evaluada. Sin embargo, en Colombia, donde la pesca de bagres grandes es más antigua que en Perú, esta proporción es probablemente por lo menos tan alta como en Perú.

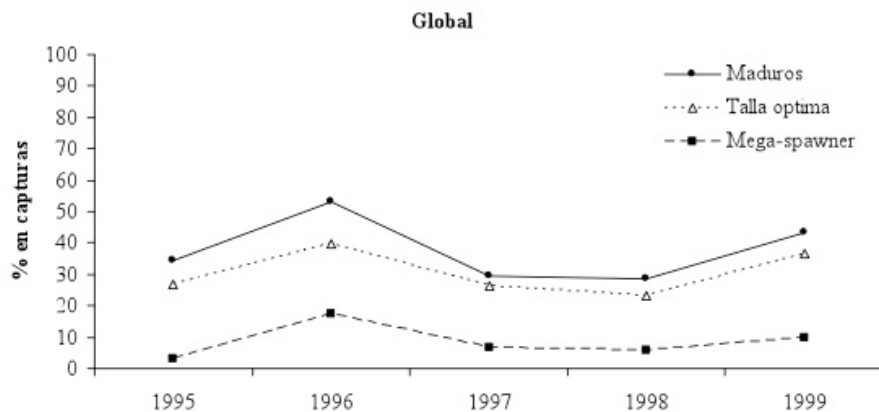


Figura 4. Proporción de individuos en el rango de talla optima, de individuos maduros y mega-spawners en los desembarques de lquitos entre 1995-1999.

Todos los países donde existe información disponible (Brasil, Colombia y Perú), es decir en el Amazonas y Alto Amazonas, el dorado está sobre explotado tanto al estado juvenil como adulto, generando una situación muy preocupante. La Amazonia boliviana, donde la pesca esta todavía poco desarrollada comparación con otros países mencionados, ha sido considerada como un reservorio/fuente de reclutamiento para especies amenazadas en Amazonia central (Ej. *Colossoma*, Reinert & Winter 2002). Sin embargo, análisis moleculares recientes (Torrico 2009) indican que la población de *Colossoma* de Bolivia es genéticamente distinta de la población de la Amazonia central. En el caso del dorado, la población de la Amazonia boliviana tampoco puede ser considerada como una fuente para el resto de la Amazonia, ya que tiene características genéticas distintas de la población del eje principal del Amazonas (estuario-Manaus-Tefe-Iquitos) (Carvajal et al. este simposio).

Varios estudios de comunidades han demostrado el papel ecológico crucial de los top-depredadores en los ecosistemas acuáticos (Heithaus et al. 2008, Baum & Word 2009). Una disminución demasiado importante de la cantidad de top-depredadores puede tener impactos catastróficos sobre el ecosistema vía cascadas tróficas. Una simulación ECOPATH de los efectos de la pesca y de la deforestación sobre los flujos de energía en la varzea (Angelini et al. 2006), indico: 1) la existencia de cascadas tróficas siguiendo un incremento de la pesca de los *Brachyplatystoma* spp. y 2) que *B. rousseauxii* era uno de los componentes con mayor impacto sobre el ecosistema. Una disminución demasiado importante de la cantidad de dorados y de los otros top-depredadores del curso principal de los ríos amazónicos (*Brachyplatystoma* spp.) podría tener consecuencias profundas para los ecosistemas.

REFERENCIAS

- Agudelo, E., Y. Salinas, C. L. Sanchez, D. L. Munoz-Sosa, J. C. Alonso, M. E. Arteaga & O. J. Rodriguez. 2000. Bagres de la Amazonia Colombiana: un Recurso sin Fronteras: Estudios regionales de la Amazonia Colombiana. Santa Fé de Bogota D.C., Colombia, SINCHI. Programa de Ecosistema Acuaticos. Editorial Scipto Ltda.
- Alonso, J. C. 2002. Padrão espaço-temporal da estrutura populacional e estado actual da exploração pesqueira da dourada *Brachyplatystoma flavicans*, Castelnau, 1855 (Siluriformes: Pimelodidae), no sistema estuário-Amazonas-Solimões. PhD thesis, UFAM/INPA, Manaus.
- Alonso, J. C., & N. N. Fabré. 2003. Spatial and temporal pattern of the population structure and current state of fishing exploitation of the dourada

(*Brachyplatystoma flavicans*, Lichtenstein, 1819) along the system estuary-Amazonas-Solimoes Book of Abstracts: LARS2 Large River Symposium 16. Available from World Wide Web <www.lars2.org/>.

- Alonso, J. C., & L. E. M. Pirker. 2005. Dinâmica populacional e estado actual da exploração de piramutaba e de dourada Pages 21-28 in N. N. Fabr  , and R. B. Barthem, eds. O manejo da pesca dos grandes bagres migradores: Piramutaba e dourada no eixo Solimões-Amazonas. Cole     Documentos Técnicos: Estudos estrat  gicos. Manaus, IBAMA, ProV  rzea.
- Angelini, R., N. N. Fabr   & U. L. da Silva-Jr. 2006. Trophic analysis and fishing simulation of the biggest Amazonian catfish. *African Journal of Agricultural Research* 1:151-158.
- Barthem, R. & M. Goulding. 1997, The catfish connection. Ecology, migration and conservation of Amazon predators: Biology and resource management in the tropic Series. New York, Columbia University Press.
- Barthem, R. & M. Goulding. 2007, Un ecosistema inesperado: la Amazonía revelada por la pesca. Lima, Peru, Museu Paraense Emilio Goeldi, Amazon Conservation Association (ACA).
- Barthem, R. B. & M. Petrere. 1995, Fisheries and population dynamics of the freshwater catfish *Brachyplatystoma vaillantii* in the Amazon estuary. N. B. Armantrout, and R. Wolotira, eds. *Proceedings of the World Fisheries Congress, Theme 1. Condition of the World's Aquatic Habitats*:329-340.
- Batista, J. S. & J. A. Gomes. 2006. Phylogeography of *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriformes - Pimelodidae) in the Amazon Basin offers preliminary evidence for the first case of "homing" for an Amazonian migratory catfish *Genetics and Molecular Research* 5:723-740.
- Baum, J. K. & B. Worm. 2009. Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *Journal of Animal Ecology* 78:699-714.
- Berkeley, S. A., C. Chapman & S. M. Sogard. 2004. Maternal age as a determinant of larval growth and survival in a marine fish, *Sebastes melanops*. *Ecology* 85:1258-1264.
- Beverton, R. J. H. 1992. Patterns of reproductive strategy parameters in some marine teleost fishes. *Journal of Fish Biology* 41:137-160.
- Birkeland, C. & P. K. Dayton. 2005. The importance in fishery management of leaving the big ones. *Trends in Ecology & Evolution* 20:356-358.
- Froese, R. 2004. Keep it simple: three indicators to deal with overfishing. *Fish and Fisheries* 5:86-91.
- García, A., S. Tello, G. Vargas & F. Duponchelle. 2009a. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry* 35:53-67.

- García, A., J. C. Alonso, F. Carvajal, J. Moreau, J. Nuñez, J. F. Renno, S. Tello & Duponchelle F. 2009b. Life-history characteristics of the large Amazonian migratory catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Iquitos region, Peru. *Journal of Fish Biology* 75:2527-2551.
- Heithaus, M. R., A. Frid, A. J. Wirsing, & B. Worm. 2008. Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology & Evolution* 23:202-210.
- Myers, R. A., & G. Mertz. 1998. The Limits of Exploitation: A Precautionary Approach. *Ecological Applications* 8:S165-S169.
- Petrere Jr., M., R. B. Barthem, E. A. Cordoba, & B. C. Gomez. 2004. Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraiba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14:403-414.
- Reinert, T. R., & K. A. Winter. 2002. Sustainability of harvested Pacu (*Colossoma macropomum*) populations in the northeastern Bolivian Amazon. *Conservation Biology* 16:1344-1351.
- Rochet, M.-J., & V. M. Trenkel. 2003. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60:86-99.
- Torrico, J. P. 2009. Evolution de l'Ichtyofaune Amazonienne par l'approche de la phylogéographie comparée. Ph.D thesis, Université Montpellier 2, Sciences et Techniques du Languedoc. Ph.D Thesis, Montpellier, France.
- Venturelli, P. A., B. J. Shuter, & C. A. Murphy. 2009. Evidence for harvest-induced maternal influences on the reproductive rates of fish populations. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 276:919-924.

CONTEXTO DE LA PESCA TRANSFRONTERIZA DE LOS BAGRES EN LA REGION SUR-ORIENTAL DE LA AMAZONIA COLOMBIANA

Edwin Agudelo Córdoba & Juan Carlos Alonso González

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI). Grupo de Ecosistemas Acuáticos. Avenida Vásquez Cobo entre calles 15 y 16. Leticia, Amazonas, Colombia.
E-mail: eagudelo@sinchi.org.co

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos son ambientes estratégicos que cumplen diversos papeles fundamentales en la satisfacción de necesidades de la población como: agua, alimento, recreación, salud y bienestar; donde la pesca constituye un aporte fundamental en la dieta y modos de vida de muchos colombianos, entre los cuáles se cuenta con más de 20 mil pescadores artesanales en aguas marítimas y más de 52 mil en aguas continentales (INPA 1994).

En la Amazonia, la pesca es una labor socialmente importante en la medida que contribuye a subsanar la ingesta proteica diaria de los ribereños y los favorece económicamente, al permitirles una retribución económica por la venta del producto a otros consumidores o comerciantes de pescado, y de esta forma poder adquirir bienes de primera necesidad. Para la zona de integración fronteriza la pesca de consumo local y subsistencia utiliza más de 100 especies; mientras que el mercado del pescado comercializa poco más de 20 especies, incorpora zonas pesqueras de países vecinos y se sustenta principalmente en el uso de los bagres pimelódidos, carácidos y osteoglosidos (Tabla I).

En la actualidad, se estima un intercambio cercano a 7 millones de dólares anuales a precio de primera compra, sustentado por las principales especies comerciales, para una región pesquera que integra aguas fronterizas y nacionales de Colombia con Brasil y Perú, y que tienen al municipio de Leticia como su principal puerto pesquero. La demanda de pescado y la presión selectiva de la pesca sobre algunas especies han llevado a algunas de ellas a categorías de amenaza.

Ante lo anterior, el manejo de los ecosistemas y sus recursos acuáticos se convierte en una prioridad de diversos gobiernos, organizaciones e instituciones tanto en Colombia, como para la comunidad en general y

el resto de la Amazonia, cobrando importancia todos los procesos de investigación, concertación y gestión que aseguren el buen manejo y sostenibilidad de estos ecosistemas y sus recursos (Alonso *et al.* 2005). Este documento da una mirada integral al sector pesquero para la zona del sur oriente colombiano y su vecindad con Perú y Brasil, sondeo que permite advertir como el esfuerzo institucional del país e incluso de los vecinos, hacía una orientación eficaz del aprovechamiento de los recursos acuáticos de alto interés socio económico no está siendo efectivo, al no considerar las dimensiones ecológicas, sociales y económicas que rigen su usufructo, centrando su esfuerzo administrativo hacía la aplicación de algunas pocas reglas de pesca bajo la óptica mono específica, como es el caso de la gestión por tallas de captura por especie o la interpretación de los procesos de pesca, desde la óptica de la movilización.

Tabla I. Listado de los principales peces utilizados en el mercado comercial y en el consumo humano en la Amazonia colombiana (Fuente: Salinas & Agudelo 2000, Agudelo *et al.* 2000, Agudelo *et al.* 2004; Agudelo *et al.* 2006, Alonso *et al.* 2009).

No.	Nombre Común	Nombre Científico	Tipo	Interés
1	Dorado	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	Bagre	Alto
2	Pintadillo Rayado	<i>Pseudoplatystoma punctifer</i>	Bagre	Alto
3	Pintadillo Tigre	<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	Bagre	Alto
4	Simí o Mota	<i>Calophysus macropterus</i>	Bagre	Alto
5	Baboso	<i>Brachyplatystoma platynemum</i>	Bagre	Alto
6	Amarillo	<i>Zungaro zungaro</i>	Bagre	Alto
7	Cajaro	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	Bagre	Alto
8	Pirabutón	<i>Brachyplatystoma vaillantii</i>	Bagre	Alto
9	Lechero	<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	Bagre	Alto
0	Camiseto	<i>Brachyplatystoma juruense</i>	Bagre	Alto
11	Mapará	<i>Hypophthalmus edentatus</i>	Bagre	Medio
12	Barbiancho	<i>Pirirampus pirinampu</i>	Bagre	Medio
13	Capaz	<i>Platynemichthys notatus</i>	Bagre	Medio
14	Bocón	<i>Ageneiosus</i> spp.	Bagre	Medio
15	Doncella	<i>Platystomatichthys sturio</i>	Bagre	Medio
16	Charuto	<i>Sorubim lima</i>	Bagre	Medio
17	Paletón	<i>Sorubimichthys planiceps</i>	Bagre	Medio
18	Cebra	<i>Merodontotus tigrinus</i>	Bagre	Medio
19	Yaque	<i>Leiarius marmoratus</i>	Bagre	Medio
20	Pirarucú	<i>Arapaima gigas</i>	Escama	Consumo local
21	Sardina dorada	<i>Pellona castelnaeana</i>	Escama	Consumo local
22	Sardina plateada	<i>Pellona flavipinnis</i>	Escama	Consumo local
23	Chillón	<i>Potamorhina latior</i>	Escama	Consumo local
24	Chillón	<i>Curimata vittata</i>	Escama	Consumo local

25	Yaraquí	<i>Semaprochilodus</i> spp.	Escama	Consumo local
26	Bocachico	<i>Prochilodus nigricans</i>	Escama	Consumo local
27	Sábaló	<i>Brycon</i> spp.	Escama	Consumo local
28	Pirañas	<i>Serrasalmus</i> spp.	Escama	Consumo local
29	Pirañas	<i>Pygocentrus</i> spp.	Escama	Consumo local
30	Palometa	<i>Mylossoma duriventre</i>	Escama	Consumo local
31	Palometa	<i>Mylossoma aureum</i>	Escama	Consumo local
32	Gamitana	<i>Colossoma macropomum</i>	Escama	Consumo local
33	Paco	<i>Piaractus brachipomus</i>	Escama	Consumo local
34	Curvinata	<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Escama	Consumo local
35	Carahuasú	<i>Astronotus ocellatus</i>	Escama	Consumo local
36	Tucunaré	<i>Cichla</i> sp.	Escama	Consumo local
37	Picalón	<i>Pimelodus</i> spp.	Bagre	Consumo local
38	Picalón	<i>Pimelodella</i> spp.	Bagre	Consumo local
39	Picalón	<i>Rhamdia</i> spp.	Bagre	Consumo local
40	Omima	<i>Schizodon</i> spp.	Escama	Consumo local
41	Omima	<i>Leporinus</i> spp.	Escama	Consumo local
42	Arawana	<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>	Escama	Consumo local
43	Arenca	<i>Triportheus</i> spp.	Escama	Consumo local
44	Cucha	<i>Liposarcus pardalis</i>	Bagre	Consumo local
45	Cuiú cuiú	<i>Oxydoras niger</i>	Bagre	Consumo local
46	Bacú	<i>Pterodoras granulosus</i>	Bagre	Consumo local
47	Bacú	<i>Pterodoras granulosus</i>	Bagre	Consumo local
48	Maduro	<i>Hemisorubim platyrhynchus</i>	Bagre	Consumo local
49	Juan viejo	<i>Geophagus</i> spp.	Escama	Consumo local
50	Payara	<i>Hydrolicus scomberoides</i>	Escama	Consumo local
51	Botellón	<i>Crenicichla</i> spp.	Escama	Consumo local
52	Yulilla	<i>Hemiodus</i> spp.	Escama	Consumo local

EL ÁREA AMAZÓNICA COLOMBIANA

La Selva Amazónica o Amazonia alcanza 7 989 004 km² constituyendo la selva tropical más extensa del mundo, por lo que se considera una reserva mundial de recursos (TCA 1991). En su conjunto, la región amazónica representa el 58% de la superficie total que ocupan los ocho países amazónicos miembros de la OTCA. Brasil concentra el 66% de la superficie amazónica de la región, seguido de Perú con un 10%. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, son los países que constituyen la cuenca Alta y pertenecen al sistema montañoso de la Cordillera de los Andes, sistema que contiene a las vertientes que originan el río Amazonas y por tanto se reconoce una interacción andino - amazónica desde el punto de vista ecológico, histórico - cultural y socioeconómico.

A Colombia le corresponde un área de 477 274 km² que representa el 41,8% del territorio nacional continental y la mayor zona de frontera del país (Murcia *et al.* 2003, Gutiérrez *et al.* 2004). Está conformada en la actualidad por seis departamentos en toda su extensión territorial: Amazonas, Caquetá, Guaviare, Guainía, Putumayo y Vaupés, y por

parte de los departamentos de Meta, Vichada, Nariño y Cauca (IDEAM, SINCHI, IAvH, INVEMAR, IIAP 2002).

La región es un lugar de alta diversidad en ecosistemas gracias a la variación de las condiciones climáticas e hidrológicas y a las condiciones físicas, encontrándose la selva subandina del piedemonte, la selva de tierra firme, la selva inundable, las sabanas amazónicas y la selva de suelo de arenas blancas, entre otros. Hoy su potencial hídrico genera oportunidades importantes para la pesca artesanal y la acuicultura, constituyéndose en el 52 % del producto económico regional y en red vial para sus pobladores (Sinchi 2003).

Dado el tamaño de la Amazonia, la importancia de la cuenca para Colombia radica en ser la mayor reserva ecológica del país al tener en cuenta que en el Pacífico sólo se ubica el 7% de los 53 millones de hectáreas de bosques y en la región Andina el 13%, mientras que la Amazonia posee 61% de ese total. Pero además cuenta con el 70% de los bosques no intervenidos de Colombia, de los cuales 25 millones de hectáreas están protegida bajo las figuras legales de Resguardos Indígenas, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas o bajo Zonas de Reserva Forestal de la Nación, lo cual disminuye la posibilidad de afectación generada por factores como colonización, tala indiscriminada, fragmentación y destrucción de hábitat (DNP 1991, Rodríguez *et al.* 2004).

Colombia posee una alta diversidad en la región, pero esta presenta una enorme vulnerabilidad y buena parte de sus biomas sufren procesos de transformación debido especialmente a las actividades antrópicas. La extrema fragilidad de estos ecosistemas una vez intervenidos, derivan en infertilidad, degradación de suelos y contaminación de aguas que conlleva a una gran pérdida en la biodiversidad biológica (IDEAM, SINCHI, IAvH, IIAP e INVEMAR 2002, Murcia Eds. 2007).

De acuerdo con lo anterior, Colombia y su porción amazónica deben ser vistos como territorios de una alta prioridad ambiental y se debe apoyar el desarrollo de programas de conservación, recuperación y manejo sostenible que contrarresten los efectos nocivos de las actividades humanas sobre los ecosistemas y sus recursos biológicos.

LA DIVERSIDAD DE PECES EN LA AMAZONIA

Para Amazonia colombiana, se tienen seis cuencas que drenan de Occidente a Oriente: Guainía - Negro, Vaupés, Apaporis, Caquetá,

Putumayo y Amazonas (figura 1). Para esa diversidad hídrica, Bogotá-Gregory & Maldonado-Ocampo (2006), publicaron un listado con 753 especies que posiciona a la Amazonia como la región de Colombia más rica en peces, seguida por Orinoquia con 619 registros. Esas especies se agrupan en 14 órdenes y 47 familias, cuya mayor representación específica se encuentra en los peces de escama del orden Characiformes con 49%, peces lisos o bagres Siluriformes con 30% y Perciformes con un 12%.

La pesca de subsistencia

La mayoría de los asentamientos amazónicos son poblaciones ribereñas que conviven diariamente con el recurso agua, donde pescar es una actividad de todos los días y por ende, la pesca como labor de subsistencia es una rutina muy importante por la fuente de proteína animal que genera. En tal sentido, la pesca de subsistencia es una labor cultural, milenaria, heredada de la tradición amazónica que practican indígenas y colonos. Para ello utilizan pequeñas embarcaciones y muchas veces, artes de pesca tradicionales. A su vez, el producto extraído se comparte con otros miembros de la familia o la comunidad y si existen excedentes, se pueden comercializar en centros urbanos próximos (Agudelo *et al.* 2000, Agudelo *et al.* 2006). La pesca de subsistencia aporta importantes cantidades de proteína animal para el ribereño y poblador amazónico entre 170 a 500 g persona/día (Fabr   & Alonso 1998, Ochoa 2003, Agudelo *et al.* 2006, Rodríguez 2010a).

Pesca comercial

De vital importancia econ  mica para el pescador y su familia, hace parte de las labores rutinarias del sistema productivo junto con la caza, la chacra y recolecta de especies del bosque. Es realizada especialmente en aquellos ríos de origen andino, donde se asienta el grueso de la población amaz  nica y donde habitan las especies de mayor interés comercial como los bagres de la familia Pimelodidae, bocachico y s  balos (Salinas & Agudelo 2000, Agudelo *et al.* 2000, Rodríguez, 2010b). Las pesquerías comerciales en la Amazonia colombiana son de tipo artesanal, es decir que no se utilizan grandes embarcaciones para la pesca y tampoco para el almacenamiento de pescado.

Igualmente, son multi-específicas y por tanto se capturan muchas especies de peces, que tradicionalmente se agrupan en dos bloques: los de escama y los de cuero (ver Tabla 1). La captura de peces de escama tiene una demanda y comercialización local es decir, que buena parte del producto cosechado se consume en los mismos centros poblados de la región. Mientras que la captura de bagres,

obedece a una demanda extra-regional y por tanto su consumo se realiza por fuera de la región amazónica.

Leticia, capital del departamento de Amazonas, es el principal puerto pesquero de la región. Hasta allí llegan embarcaciones colombianas, brasileñas y peruanas para entregar producto fresco a los cuartos fríos, que luego remiten el pescado al interior del país vía aérea o fluvial. Las estadísticas del Ministerio de Agricultura y el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - INCODER, registran una movilización de pescado por ese puerto de por lo menos 20 especies. De ellas, 14 son bagres y 11 son frecuentemente comercializados: pintadillos (*Pseudo-platystoma* spp.), dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*), simí (*Calophysus macropterus*), pirabutón (*Brachyplatystoma vaillanti*), amarillo (*Zungaro zungaro*), baboso (*Brachyplatystoma platynemum*), mapará (*Hypophthalmus* sp.), guacamayo (*Phractocephalus hemiliopterus*), camiseto (*Brachyplatystoma juruense*) y lechero (*Brachyplatystoma filamentosum*).

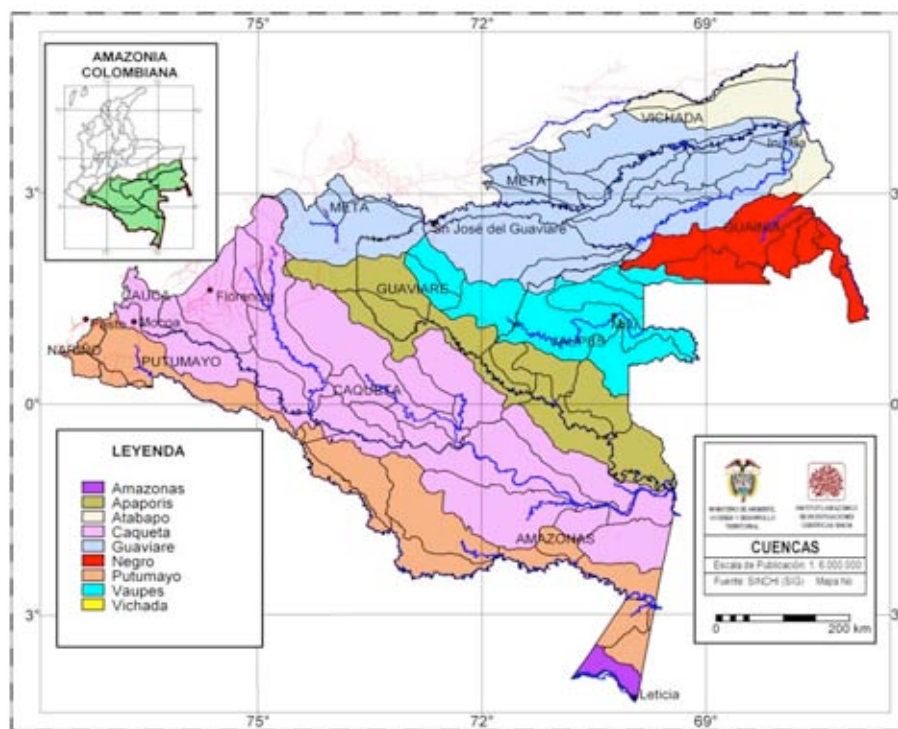


Figura 1. Mapa de la Amazonia colombiana indicando las principales cuencas hidrográficas presentes (Fuente: Murcia eds. 2007).

Para el 2008 estos bagres fueron responsables por el 90% de la movilización total registrada de 5 400 toneladas de pescado, que equivalen al menos a U\$ 6,8 millones de dólares anuales para la región pesquera fronteriza en la que se integran flotas de Colombia, Brasil y Perú.

Comercialización de los bagres

El comercio de pescado inicia en firme hacia 1956, con la extracción de producto seco que era enviado por vía aérea a Bogotá. En 1958 se puso en funcionamiento el primer cuarto frío y grandes lanchas empezaron a recorrer el Amazonas en territorio brasileño, colombiano y peruano comprando el producto (Salinas 1994). Para los años siguientes la dinámica de la actividad permaneció estable caracterizándose por el predominio de pescado seco sobre el producto fresco, en una relación de 10 a 1; donde significativas cantidades de bagres como Lechero, Dorado y en parte Pintadillos y Guacamayo ingresaban desde Brasil (Bayley 1981).

En 1982 la ciudad contaba con 8 cuartos fríos y alcanzaba las 83 toneladas de capacidad de almacenaje, pero 20 años después la capacidad en frío se incrementó en más de 1 500% y alcanzó en 2002 una cuantía de 36 cuartos fríos y 1 043 toneladas de capacidad. Lo que refleja la incorporación de capital y nuevas unidades de frío para la compra de pescado, como también una reducción de bodegas para el almacenamiento del producto seco (Salinas 1994; TCA 1995, Agudelo 1999, Agudelo *et al.* 2000, Apropesca 2001, Agudelo *et al.* 2004). Así, Leticia se convirtió en el principal puerto para el acopio de pescado de cuero, con una dinámica de comercialización que tiene influencia en territorio peruano hasta Iquitos y brasileño hasta Manaus (Anzola 1997, Agudelo *et al.* 2000, Alonso 2002, Agudelo *et al.* 2004).

El pescado de cuero mantiene un precio anual más o menos constante, excepto en el período previo a Semana Santa cuando se incrementa (Tabla II), mientras que el pescado de escama está sometido a grandes variaciones temporales de acuerdo a los cambios en el nivel del río y a su presencia en las áreas de pesca según el comportamiento reproductivo y/o migratorio de las especies.

Según Agudelo (2007), el período entre mediados de abril a inicios de agosto se considera la época de baja comercialización, al disminuir la demanda de producto y descender también las capturas de las especies como resultado de los altos niveles del río Amazonas (figura 2).

Movilización de bagres

La movilización para las 8 especies de bagres más comercializados en Leticia durante 1996 a 2006, resalta el interés comercial sobre dorado y los pintadillos en la pesquería, el incremento creciente del simí (bagre de mediano porte) y los bajos rendimientos de otras especies como el lechero (*Brachyplatystoma filamentosum*), que ha disminuido enormemente su aporte a la pesquería.

Para 1989 representaba junto con el dorado el 94% del total de peces desembarcados en el puerto de Leticia, mientras que en 2006 disminuyó a menos del 5% el aporte total (Agudelo 2007).

Tabla II. Variación anual de precios, en pesos colombianos, en la compra de un kilogramo de pescado en el Puerto de Leticia para las principales especies de bagres (elaborado a partir de datos de INPA & INCODER)

Especie	1999*	2000*	2001**	2002**	2003**
Dorado	3 008	4 075	3 800	4 200	4 500
Pintadillos	2 792	3 500	3 800	3 800	3 800
Baboso	1 958	2 875	2 200	3 200	3 000
Lechero	2 783	3 350	3 000	3 500	3 500
Amarillo	1 925	2 675	2 000	2 800	2 500
Pirabutón	1 358	1 375	1 500	1 800	1 600
Simí	1 208	1 233	1 200	1 700	1 600

*Promedios anuales

** Precios para febrero de cada año

Se considera que el esfuerzo continuo aplicado sobre esta especie ha llevado a una sobrepesca por crecimiento que claramente se refleja en la disminución de los volúmenes de captura (Petrere *et al.* 2004). El dorado ha sido siempre la especie de mayor demanda y ha presentado los mayores volúmenes de movilización hasta 2001, desde ahí han compartido con los pintadillos el liderazgo de los desembarcos.

Atendiendo el modelo de esfuerzo – captura propuesto por Welcomme (1992), se puede comentar que la pesquería de bagres ha pasado de un momento de crecimiento inicial a una fase sostenida. La fase inicial es aquella en que las capturas se incrementan positivamente con el aumento del esfuerzo como sucedió con los desembarques hasta el año 2000 con cerca de 10 mil toneladas anuales. Mientras que la fase sostenida, caracterizada por un rendimiento estable en las capturas a pesar del incremento del esfuerzo, ha sido la característica de los años subsiguientes (Agudelo 2007).

El modelo de Welcomme indica que la fase inicial está caracterizada por la participación de unas pocas especies de gran porte en los volúmenes pesqueros y a medida que se desarrolla la actividad, se van incorporando nuevas especies en reemplazo de otras que comercialmente se diezman o no rinden en tamaño como lo hacían años atrás, por lo que de ésta manera se contribuye a sostener los niveles de captura (figura 3).

La figura 3, es clara en cuanto a la alta participación de dorado y lechero en la pesquería dos décadas atrás y muestra como éstas especies disminuyeron su aporte porcentual en el tiempo y para lo cual la dinámica pesquera, ha venido incorporando y demandando otras especies en el acopio como es el caso actual del simí.

Tabla III. Volúmenes de comercialización en toneladas, de los bagres más importantes movilizados desde Leticia hacia el interior de Colombia entre 1996 - 2006 junto con el total anual (Tomado de: Agudelo 2007)

	Dorado	Pintadillos	irabutón	Simí	Lechero	Amarillo	Guacamayo	Baboso	TOTAL
1996	1 811	1 236	633	107	81	33	25	3	6 483
1997	2 084	1 511	622	430	124	529	253	765	9 105
1998	2 154	1 393	484	749	90	492	329	885	8 705
999*	2 271	2 005	970	934	-	690		1 044	10 159
2000	1 642	1 627	428	1 050	318	634	451	660	8 445
2001	2 013	1 972	248	904	430	654	608	586	9 123
2002	1 805	2 204	522	1 171	497	606	616	923	9 501
003*	628	656	381	848	165	347	407	224	4 609
004*	848	969	376	627	208	310	285	431	4 799
2005	1 322	2 172	671	1 103	282	605	719	1 535	9 219
2006	1 195	1 361	929	1 085	285	696	511	526	7 212
2007	1 013	964	744	904	238	446	369	315	6 121

* Para estos años el INCODER no posee registros completos.

Empleo

Es difícil definir con precisión las cifras de ocupación de personas en el primer eslabón de la pesca para la zona de frontera. Puesto que en cada familia ribereña al menos uno de sus miembros participa de esta actividad con destino al autoconsumo, pudiendo vender pequeñas cantidades.

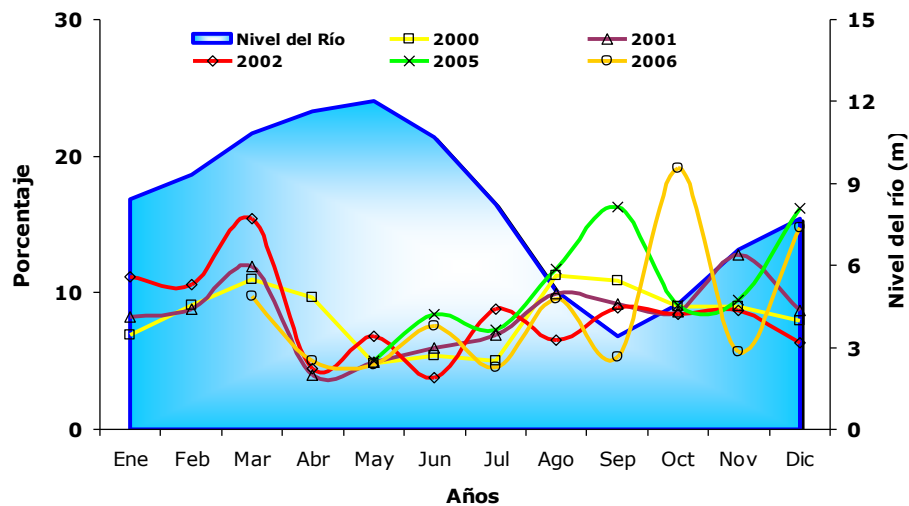


Figura 2. Evolución porcentual de los volúmenes de captura y movilización de pescado desde Leticia hacia Bogotá y su comportamiento mensual frente a los promedios de nivel del río Amazonas (Fuente: Agudelo 2007).

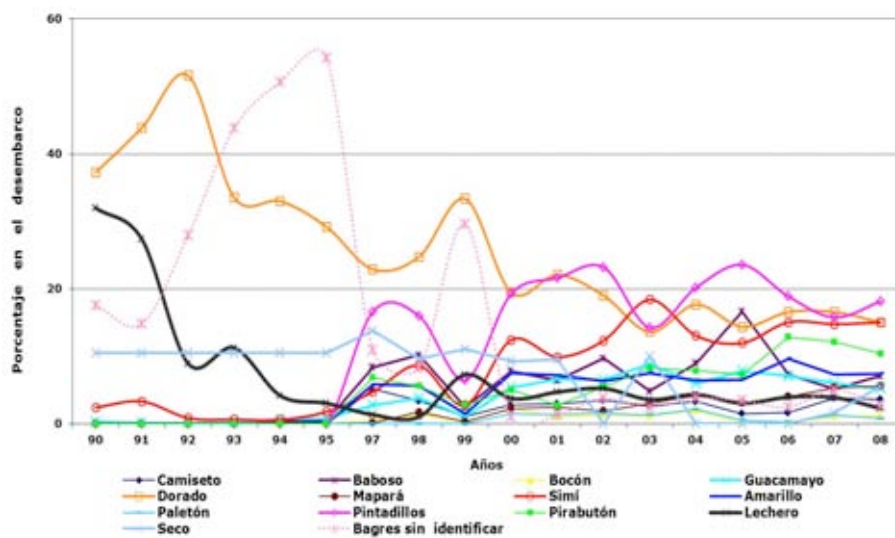


Figura 3. Importancia y evolución porcentual de los bagres acopiados anualmente en Leticia entre 1990 a 2008 para la región de la triple frontera de Colombia en el río Amazonas, destacando la importancia de dorado y lechero como especies principales en la década del 90, de allí su reducción en la presente década y la amplia utilización de otros bagres, especialmente pintadillo y simí (elaborado a partir de datos del INCODER).

Agudelo (2007), estimó en cerca de 5 200 el número de pescadores de los ríos Caquetá, Putumayo y Amazonas que participan en labores pesqueras comerciales tanto en Colombia como en Brasil, lo que indirectamente beneficia a 23.200 personas.

En el caso colombiano, entre 28 y 40% de los ingresos provienen de la comercialización de bagres (Agudelo 2007), mientras que para el río Amazonas en el sector brasileño, el 68% de la renta familiar son recursos generados a través de la pesca de bagres (Fabr  & Barthem Eds., 2005).

INVESTIGACIÓN Y POLITICAS DE MANEJO

Ante la importancia que la pesca de bagres tiene en la región, se han abordado estudios científicos locales y de mayor cobertura por parte de investigadores de Brasil, Colombia y Perú, las cuales han permitido establecer características biológicas de las principales especies comercializadas en la región y refleja la utilización de extensas áreas de la Amazonia por parte de algunas especies de bagres como las del género *Brachyplatystoma*, para desarrollar sus ciclos de vida, por lo que son denominados grandes migradores, y cuya explotación se comparte por las flotas pesqueras de los países amazónicos.

Se ha definido a los principales bagres comerciales como especies de gran porte, con tasas de crecimiento lentas y esperanzas de vida que pueden llegar a 20 años. Cálculos científicos realizados con lecturas de anillos de crecimiento o métodos indirectos de tallas, muestran indicios de sobrepesca por crecimiento de varias de estas especies y ya se ha sugerido que las perspectivas de ordenamiento deben abarcar todo el curso del río Amazonas y sus principales afluentes de aguas blancas (Muñoz - Sosa 1996, Barthem & Goulding 1997, Agudelo *et al.* 2000, Batista 2001, Alonso 2002, Petrere *et al.* 2004, Batista *et al.* 2004, Barthem & Fabr  2004; Fabr  & Barthem 2005). Para dorado, el bagre de mayor demanda, se ha recomendado implementar un sistema de cuotas de captura sobre grandes regiones e incluso vedas durante periodos específicos (Alonso 2002, Prov rzea 2003, Fabr  & Barthem 2005).

Desafortunadamente, el marco legal pesquero para la Amazonia ha avanzado poco en favor de la gestión de tan importantes recursos y no ha respondido de manera adecuada a la evolución que han tenido las pesquerías de la región fronteriza. Por lo tanto, es concluyente que aún se carece de una política genérica y conjunta entre países que cobije no sólo el uso de los recursos pesqueros, si no de los ecosistemas acuáticos y sus planicies inundables, fuente de esta riqueza.

Dicho de otra manera, la poca regulación en el uso de los ecosistemas acuáticos y los recursos pesqueros y la carencia de una efectiva política integral para su ordenamiento, permiten el uso descontrolado de los bagres en la triple frontera, lo que ha llevado a la disminución del rendimiento de los principales grupos utilizados en las pesquerías.

En ese orden, se considera que las acciones sobre la pesquería comercial de bagres en la región suroriental de Colombia deben optar por un trabajo mancomunado y macro-regional de investigación y de gestión ecosistémica, enmarcado dentro de los acuerdos binacionales que Colombia, Brasil y Perú poseen. Y para el cual es importante incorporar un enfoque ecosistémico y participativo que le permita a la región trinacional asegurar la permanencia de una actividad que genera sustento, alimento e ingresos a centenares de familias y poblados de la Amazonia colombiana y de los países vecinos.

REFERENCIAS

- Agudelo, E. 1999. "La importancia de Leticia en la comercialización pesquera del Amazonas", Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI, Leticia-Amazonas. 10p.
- Agudelo, E. 2007. La actividad pesquera en la zona suroriental de la Amazonia colombiana: una descripción de la captura y comercialización de los bagres transfronterizos. Tesis MSc Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. 100p.
- Agudelo, E., Salinas, Y., Sánchez, C. L., Muñoz – Sosa, D.L., Alonso, J.C., M.E. Arteaga, Rodríguez, O.J., Anzola, N.R., Acosta, L.E., Núñez - Avellaneda, M. & H. Valdés. 2000. Bagres de la Amazonia Colombiana: Un Recurso Sin Fronteras. Fabrè, N., Donato J. & Alonso, J. C. (Eds). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Programa de Ecosistemas Acuáticos. Bogotá. 252p.
- Agudelo, E., Alzate, J. M., Chaparro, O. L., Argüelles, J.H. & Peña, C. P. 2004. Proyecto Cuantificación y aprovechamiento de los subproductos pesqueros en el trapecio amazónico colombiano. Informe final. Instituto Sinchi – Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA. Leticia. 74p.
- Agudelo, E.; Sánchez, C. L.; Acosta, L. E.; Mazorra, A.; Alonso J. C.; Moya, L. A. & L. A. Morí. 2006. La pesca y la acuicultura en la frontera colombo – peruana del río putumayo. In: Agudelo, E.; Alonso, J. C. & Moya, L. A (Eds). Perspectivas para el ordenamiento de la pesca y la acuicultura en el área de integración fronteriza colombo-peruana del río Putumayo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI & Instituto Nacional de Desarrollo INADE. Bogotá. 106 p.

- Agudelo, E., Alonso, J.C., & C. L. Sánchez. 2009. La utilización de los recursos icticos en la Amazonia sur de Colombia: una estrategia de vida, de ocupación y renta. En: Bernal, H., Sierra, C. & M. Angulo (Eds.) 2009. Amazonía y Agua: Desarrollo sostenible en el siglo XXI. UNESCO. Servicio Editorial de la Unesco Etxea. Bilbao. Pp: 237 – 247.
- Alonso, J. C. 2002. Padrão espaço – temporal da estrutura populacional e estado atual da exportação pesqueira da dourada *Brachysplatystoma flavicans*, Castelnau, 1855 (Siluriformes: pimelodidae), no sistema estuário – Amazonas – Solimões. UFAM – INPA. 216p
- Alonso, J.C.; Camacho, K. Núñez – Avellaneda, M. & Agudelo, E. 2009. Recursos Hídricos y Ecosistemas Acuáticos. En: PNUMA & OTCA. 2009. Perspectivas del medio ambiente en la Amazonia - GEOAMAZONIA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) y Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico (CIUP). Ciudad de Panamá. Pp: 147-161.
- Alonso, J. C., Nuñez – Avellaneda, M., Agudelo, E., Sánchez, C. L. & L. F. Ricaurte. 2005. Contextualización grupo de investigación Ecosistemas Acuáticos Amazónicos del Instituto Sinchi (EAA-SINCHI). Documento Interno. Instituto Sinchi. 36p.
- Anzola, R. 1997. Actividades Piscícolas Desarrolladas en el Trapecio Amazónico. In: Zonificación ambiental para el plan modelo colombo-brasileiro eje Apaporis-Tabatinga. IGAC. Bogotá. Pp. 47- 68.
- APROPESCA. 2001. Diagnostico estratégico de la cadena productiva regional de pesca blanca de agua continental del Amazonas. Asociación de Promotores de la Pesca. Bogotá. 100p.
- Barthem, R. B. & M Goulding. 1997. The catfish connection: ecology, migration and conservation of amazon predators. Columbia university press. New York. 144p.
- Barthem, R. B. & N. N. Fabr . 2004. Biología e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazonia. In: Ruffino, M. L. (Eds.). 2005. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazonia brasileira. IBAMA – PROVARZEA. Manaus. Pp: 17 – 62
- Batista, J. S. 2001. Estimativa da variabilidade genetica intra-especifica da dourada *Brachyplatystoma rousseauxii* no sistema estuario – Amazonas – solimoes. Disserta o de mestrado. INPA. Manaus. 97p.
- Batista, V.; Isaac, V. J. & J. P. Viana. 2004. Explora o e manejo dos recursos pesqueiros da Amazonia. In: Ruffino, M. L. (Eds.). 2005. A pesca e os recursos pesqueiros na Amazonia brasileira. IBAMA – PROVARZEA. Manaus. Pp: 63 - 151
- Bayley, P. 1981. Fish yield from the Amazon in Brazil: Comparison with African river yields and management possibilities. Transactions of the American fisheries society 110. Pp: 351 - 359

- Bogotá-Gregory, J. D. & J. A. Maldonado-Ocampo. 2006. Peces de la zona hidrográfica de la Amazonia Colombiana. *Biota Colombiana* 7 (1): 55-94
- Fabré, N. N. & J. C. Alonso. 1998. Recursos ícticos no Alto Amazonas: sua importancia nas populações ribeirinhas. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Sér. Zool.* 1: 19 - 55
- Fabré, N. N. & R. B. Barthem. 2005. O manejo da pesca dos grandes bagres migradores Piramutaba e Dourada no Eixo Solimões-Amazonas. IBAMA – PROVARZEA. 114p.
- IDEAM, SINCHI, IAVH, IIAP & INVEMAR. 2002. Primera generación de indicadores de la línea base de la información ambiental de Colombia. SIAC – Sistema de Información Ambiental de Colombia. Tomo 2. Bogotá.
- INPA. 1994. Características de la pesca y la acuicultura en Colombia. PNUD - FAO.
- Munoz-Sosa, D. L. 1996. Age structure and exploitation of giant catfish populations (*Brachyplatystoma* spp.) in the Lower Caquetá River, Colombia. Tesis MSc. College of Environmental Science and Forestry, State University of New York. USA.
- Murcia, U. (Eds). 2007. Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la Amazonia colombiana 2006. Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia colombiana SIAT-AC. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. En prensa. 219 p.
- Ochoa, G. I. 2003. El sector pesquero en Puerto Nariño y Leticia. Universidad Nacional de Colombia – IMANI. Inédito. Leticia. 53p.
- Petrere Jr., M; Barthem, R. B., E. Agudelo & B. Corrales. 2004. Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of Piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14(4): 403-414.
- Próvarzea. 2003. Dinâmica populacional das espécies de bagres migradores: Siluriformes, Pimelodidae. Relatório final para a espécie: Dourada (*Brachyplatystoma flavicans*). Estudo Estratégico: Bases para o manejo dos grandes bagres, Manaus, A. M., Projeto Manejo dos Recursos Naturais da Várzea - Provárzea. 36 p.
- Rodríguez, C. A. 1991. Bagres, malleros y cuerderos en el bajo río Caquetá (Amazonia colombiana). *Commercial fisheries in the Lower Caquetá River. Estudios de la Amazonia colombiana. Vol. 2. Programa Tropenbos Colombia.* 152 p.
- Rodríguez, C. A. 2010a. Pesca de consumo. Serie: monitoreos comunitarios para el manejo de los recursos naturales en la Amazonia Colombiana. Fundación Tropenbos Internacional Colombia. Vol. 3. 55 p.

- Rodríguez, C. A. 2010b. Pesca comercial. Serie: monitoreos comunitarios para el manejo de los recursos naturales en la Amazonia Colombiana. Fundación Tropenbos Internacional Colombia. Vol. 4. 51p.
- Salinas, Y. & E. Agudelo. 2000. Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana. Instituto amazónico de investigaciones científicas Sinchi. Bogotá. 140p.
- SINCHI - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. 2003. Diseño de la línea base de información ambiental sobre los recursos naturales y el medio ambiente en la Amazonia colombiana. Bases Conceptuales y metodológicas. Bogotá.
- TCA - Tratado de Cooperación Amazónica. 1991. Amazonia sin mitos. Informe de la Comisión sobre desarrollo y medio ambiente para Amazonia, TCA, BID, PNUD, Washington D. C., 114 p.
- Welcomme, R. 1992. Pesca Fluvial. Documento Técnico de Pesca 262. FAO. 303p.

UMA ABORDAGEM EVOLUTIVA SOBRE A ATIVIDADE ESPONTÂNEA DA DESCARGA DO ORGÃO ELÉTRICO DE *Microsternarchus* (GYMNOTIFORMES: HYPOPOMIDAE)

A. Nogueira^{1,2} & J.A. Alves-Gomes²

¹Bolsista de doutorado CAPES, GCBEV/INPA

E-mail: adilia@inpa.gov.br, puraque@inpa.gov.br

²INPA/Laboratório de Fisiologia Comportamental e Evolução, Av. André Araújo, 2936, 69060-001 Manaus - AM, Brasil

INTRODUÇÃO

Os peixes elétricos de água doce da América Central e do Sul, possuem um sistema sensorial e motor, denominado Sistema Eletrogênico e Eletrosensório (SEE), responsável pela geração e detecção de campos elétricos (Alves-Gomes 2001). Os gymnotiformes de descarga "fraca", como o gênero *Microsternarchus*, produzem DOEs com tensão elétrica insuficiente para a captura de presas ou para defesa, mas por meio do SEE são capazes de explorar e se orientar em ambientes de baixa visibilidade. Cada espécie possui um repertório com características temporais e espectrais únicas devido à especialização de mecanismos de regulação e modulação da DOE, que a torna numa poderosa ferramenta de comunicação inter e intraespecífica. De forma geral, e em concordância com os padrões temporais da DOE, os gymnotiformes são classicamente divididos em dois grupos: os "pulsadores", que produzem descargas relativamente curtas, contendo uma a seis fases de polaridade alternada separadas por intervalos de maior duração que o pulso, e os "onduladores", cuja DOE se assemelha a uma sinóide distorcida, sem ou com intervalos de menor duração que a descarga.

O estudo da diversidade eletrocomunicativa, através da descrição da riqueza e complexidade de sinais e funções associadas, tem mostrado a atuação de forças evolutivas externas, como mecanismos de seleção sexual, assim como de forças internas relacionadas com o desenvolvimento e fisiologia de cada organismo. A análise da atividade da DOE produzida na ausência de outros indivíduos oferece informações sobre esta variação intrínseca, que é regulada em

diferentes níveis do Sistema Nervoso Central, menos influenciados pela interação social.

Tem sido amplamente observado que os peixes elétricos neotropicais exibem comportamento motor e elétrico com ritmicidade diária. Foi descrito para espécies "pulsadoras" e "onduladoras" a ocorrência de um aumento significativo da atividade motora assim como um aumento das taxas de repetição da DOE, no período noturno do ciclo circadiano. Diferentes tipos e quantidades de modulações espontâneas e mudanças na amplitude e duração da forma de onda também foram observadas e caracterizadas como verdadeiros ritmos circadianos (Stoddard *et al.* 2007). O valor adaptativo de relógios internos tem sido relacionado à função de estes servirem de sistema antecipatório que permitiria ao organismo se preparar fisiologicamente as mudanças ambientais cíclicas. Para os peixes elétricos, foi proposto que o aumento da taxa de repetição e outras mudanças na DOE podem melhorar o seu valor comunicativo durante a noite, quando os peixes estão ativos, e servir para poupar energia durante o dia, quando estão escondidos e relativamente imóveis.

METODOLOGIA

Animais de estudo e condições experimentais

Foram utilizados seis espécimens adultos do gênero *Microsternarchus*, capturados em Outubro de 2006 num pequeno afluente do rio Negro, do curso baixo da sua bacia (Long 60° 55' 13,14'' W, Lat 02° 48' 53,75'' S). Estes foram transportados para Manaus, LFCE/INPA, onde foram colocados num aquário comunitário de 140 L por oito meses, sujeito a uma iluminação natural e temperatura de clima tropical, com alimentação viva e "ad libitum". Antes da fase experimental, os peixes foram colocados em aquários individuais de 12 L com um abrigo no centro, por uma semana. A temperatura, pH, condutividade, luz e alimentação foram mantidos como no aquário comunitário. Depois do período de aclimação ao aquário individual, cada peixe foi submetido a três regimes de 24h com períodos de luz e escuridão diferentes: luz e escuridão normal (12 h:12 h DN), luz constante (12 h:12 h DD) e escuridão constante (12 h:12 h NN). Cada regime teve a duração de sete dias consecutivos e a ordem dos regimes foi igual para todos os peixes: DN, DD e finalmente NN. O regime DN foi mantido através de iluminação natural e reforçada por meio de lâmpadas fluorescentes controladas por um temporizador, o regime DD foi mantido através de lâmpadas fluorescentes ligadas constantemente por sete dias, e para obter o regime NN, o local experimental foi coberto durante sete dias por um tecido opaco e escuro. No sétimo dia de cada regime, a DOE

de cada specimen foi gravada durante 24 horas, de duas formas distintas: 1) durante quatro segundos, a intervalos de cinco minutos, através do sistema de aquisição digital de dados MP100WS (Biopac Systems, Inc.), a uma taxa de amostragem de 12 KHz e 16 bits de resolução; 2) a cada segundo, a taxa de repetição instantânea foi gravada através de um osciloscópio Fluke, série 190 B/C. A captura da descarga foi efectuada através de uma par de elêtrodos de ouro posicionados de forma a captá-la em qualquer posição, já que o peixe se encontrava livre no aquário, e o sinal foi amplificado 1000 vezes através de um amplificador diferencial AC/DC de alta impedância (A-M Systems modelo 3000).

Análise dos dados

As gravações de quatro segundos foram importadas para o software MATLAB e foi calculada a taxa de repetição média, utilizada como representação de cada intervalo de cinco minutos, e o respectivo coeficiente de variação. De forma a comparar as variações entre indivíduos e entre regimes, estes valores médios foram standardizados, o valor médio mais alto de cada individuo e para cada regime foi considerado como 100%, enquanto que os restantes foram considerados como percentagens desse valor máximo. Foram calculados os valores representativos diurnos (DR), os valores representativos noturnos (NR) e o índice de aumento noturno (NI) como em Silva *et al.* (2007). DR e NR foram calculados como medianas dos valores médios da taxa de repetição obtidos durante a fase diurna (06:30 – 18:25) e durante a fase noturna (18:30 – 06:25), respectivamente, para cada specimen e em cada regime experimental. Como medida de dispersão, calculou-se o desvio interquartil diurno e noturno. NI foi calculado através da fórmula: $NI = (NR - DR) / NR$. Este índice nos permitiu comparar o aumento noturno da taxa de repetição obtido por cada peixe em regimes de luminosidade diferentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerações sobre a taxonomia do grupo experimental

De acordo com a chave de identificação para a família Hypopomidae de Mago-Leccia (1994), os seis specimens testados foram identificados como *Microsternarchus*, mas ao se comparar as medidas morfológicas e merísticas obtidas para o grupo experimental com as medidas estabelecidas por Mago-Leccia (1976) e Sullivan (1997) para *Microsternarchus bilineatus*, a única espécie descrita do gênero, foi

possível observar algumas discrepâncias em proporções relevantes. O grupo experimental possui uma posição mais lateral e posterior dos olhos, uma narina posterior mais afastada do olho e uma abertura branquial maior. Além das diferenças morfológicas, os animais testados também apresentaram diferenças em relação a *M. bilineatus* pela presença na forma de onda da DOE de uma terceira fase de polaridade alternada, ausente das descrições apresentadas por Albert & Crampton (2006).

Entre os otofísios da América do Sul, a ordem Gymnotiformes é provavelmente a que possui menos informação sobre a sua sistemática e ecologia. Nos últimos anos, o número de espécies válidas tem crescido rapidamente e vários autores têm tomado consciência que o grupo é muito mais diverso do que era inicialmente reconhecido. *Microsternarchus* é considerado um gênero monotípico, mas uma rápida comparação, principalmente da morfologia da região cefálica considerada taxonomicamente importante para os gymnotiformes por estar relacionada a especializações tróficas, sugere a presença de espécies ainda não reconhecidas dentro do grupo (figura 1). Estas evidências morfológicas combinadas com a diferente composição espectral da forma de onda, juntamente com estudos preliminares sobre a variabilidade genética do gênero na bacia do rio Negro (Maia *et al.* 2009) que apontaram para quatro novas espécies, indica que o grupo experimental pode representar uma espécie ainda não descrita e torna urgente uma revisão taxonômica do grupo.

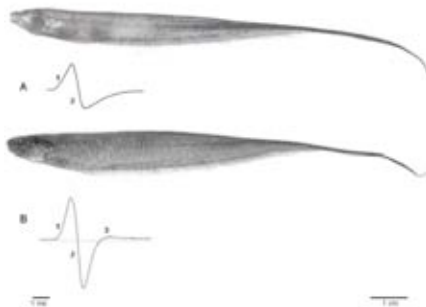


Figura 1. A: Exemplar de *Microsternarchus bilineatus* (MBUCV-V-5482, 11 cm de comprimento total) em Mago-Leccia (1994) com esquema da forma de onda da DOE retirado de Sullivan (1997). B: Exemplar utilizado neste trabalho (11 cm de comprimento total) com esquema da sua forma de onda, produzida no regime DN.

Taxa de repetição e aumentos graduais espontâneos

Expostos ao regime DN (12h de luz e 12h de escuridão), todos os peixes produziram valores representativos noturnos da taxa de repetição mais elevados que os valores representativos diurnos (tabela I). Aproximadamente uma hora antes do pôr-do-sol, ocorre um aumento abrupto na taxa de repetição, que é mantido ao longo de toda a noite, de forma relativamente constante. Durante a fase diurna, a variação da taxa de repetição é maior dentro e entre os indivíduos, devido à maior presença de breves e frequentes acelerações, com subsequente retorno para a taxa de repetição basal (ver GFRs).

Mesmo mantidos em condições de luz (DD) e escuridão constantes, os peixes continuaram exibindo índices de aumento noturno positivos, mas os valores DR eram consideravelmente superiores aos valores DR obtidos em condições de luz e escuridão normais, o que diminuiu de forma substancial o aumento noturno da taxa de repetição, em especial sob condições de luz constante. Mais uma vez, os valores DR e NR calculados para os regimes de luz e escuridão constantes variaram entre os peixes e entre os regimes.

Com base nos critérios definidos para a existência de ritmos circadianos podemos afirmar que a taxa de repetição da DOE de *Microsternarchus* sp., assim como já foi demonstrado para outros gymnotiformes, apresenta ritmo circadiano, apesar de se ter encontrado uma considerável variação individual, não relacionada com o sexo dos indivíduos. Esta variação pode-se dever a uma diversidade intraespecífica natural, como por exemplo diferentes estados de maturação sexual ou diferenças na adaptação às condições de cativeiro, ou reflectir a presença de diferentes linhagens dentro do grupo experimental. A manutenção de taxas de repetição elevadas e constantes, durante a noite está de acordo com a teoria da maximização da função comunicativa e de eletrolocalização da DOE durante o período de maior atividade do peixe.

Tabela I. Valores DR (D), NR (N) em Hz, com os respectivos desvios interquartil e índices de aumento noturno (NI) para os seis peixes testados em cada regime.

DN					DD					NN				
D	IQ	N	IQ	NI	D	IQ	N	IQ	NI	D	IQ	N	Q	NI
67	5,4	116	2,4	0,4	122	4,7	116	5,4	0,1	74	11	104	4,4	0,3
117	8,0	128	0,8	0,1	111	2,0	120	3,9	0,1	105	3,0	111	1,6	0,1
83	5,5	113	9,4	0,3	136	4,6	116	7,1	0,2	126	2,5	135	3,5	0,1
59	18	118	2,7	0,5	109	8,4	111	3,8	0	95	8,5	111	1,5	0,1
68	4,1	106	1,8	0,4	102	2,6	110	2,3	0,1	98	1,3	102	4,5	0
95	9,6	119	2,5	0,2	112	3,5	113	1,0	0	94	5,0	104	1,0	0,1

Além do ritmo circadiano da taxa de repetição, foi possível identificar a ocorrência de uma modulação espontânea, também encontrada em outras espécies de gymnotiformes. Com base nas descrições de Engler *et al.* (2000), estas modulações foram definidas como aumentos graduais da taxa de repetição (GFRs), e se caracterizam por um aumento relativamente rápido da taxa de repetição seguido de uma diminuição lenta de alguns segundos até à taxa de repetição basal. Quando expostos ao regime DN, os indivíduos produziram GFRs com aumentos de 10 a 20 Hz em poucos segundos seguidos de um declínio de cerca de 60 a 80 segundos até à taxa basal. Quando submetidos a condições de luz (DD) e escuridão (NN) constantes os peixes produziram GFRs similares ao do regime normal de luz e escuridão, mas com uma duração total menor (20-30 segundos) e aumentos máximos menores (4 a 8 Hz). Foi possível notar diferenças entre o número de GFRs produzidos durante a fase diurna e a fase noturna, para cada regime testado. Pode-se afirmar que houve uma tendência dos indivíduos em produzir um maior número de GFRs durante a fase diurna, mas quando expostos a luz ou escuridão constantes ocorreu uma drástica diminuição no número de GFRs produzidos durante essa fase. Deste modo, não nos foi possível estabelecer uma relação clara entre a produção desta modulação com a existência ou não de um ritmo circadiano. Em experimentos de interação social, este tipo de modulação foi relacionada a comportamentos de submissão ou aumento de agressividade, dependendo do contexto.

Mais recentemente, se propôs que os GFRs servem como sinais de aviso durante encontros agonísticos, diminuindo a chance de embates físicos entre oponentes. A função comportamental desta modulação produzida por peixes isolados e fora do período reprodutivo, como no presente trabalho, permanece desconhecida, mas acreditamos que possa estar relacionada com uma sondagem do ambiente elétrico, de forma a identificar a presença em potencial de um predador ou competidor, especialmente quando o indivíduo está mais vulnerável, durante o dia e em repouso.

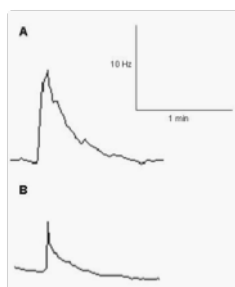


Figura 2.

Modulação GFR exibida por um dos exemplares. A durante o regime DN e B durante o regime NN.

Os padrões temporais da DOE exibidos por *Microsternarchus* sp. foram similares, em diversos parâmetros, aos apresentados por espécies "onduladoras". Esta apresentou intervalos entre os pulsos bastantes curtos, uma taxa de repetição muito estável em condições normais de luminosidade, e a ocorrência de uma modulação com estrutura temporal bastante similar ao que foi descrito para algumas espécies "onduladoras", Engler, Fogarty, Banks e Zupanc (2000). A análise da atividade espontânea da DOE deste grupo revelou a partilha de características de clados bastante distintos dentro dos gymnotiformes, que torna confusa a classificação dos peixes elétricos neotropicais em "pulsadores" e "onduladores". Este gênero vem sendo referido como o representante da transição de "pulsadores" para "onduladores", mas sob uma perspectiva filogenética, *Microsternarchus* se insere num clado que junta as famílias Hypopomidae e Rhamphithyidae, em que todos os representantes apresentam uma descarga tipicamente pulsadora. Outro grande clado que inclui as famílias Eigenmannidae, Sternopygidae e Aptereronotidae contém apenas representantes com descargas onduladoras. Isso implicaria que, o passo evolutivo que transformou DOE do tipo pulso em tipo onda ocorreu ou está ocorrendo mais do que uma vez dentro da ordem.

REFERÊNCIAS

- Albert, J. S. & Crampton, W. G. R. 2006. Evolution of electric signal diversity in gymnotiform fishes. I. phylogenetic systematics, ecology and biogeography. In: Ladich, F.; Collin, S. P.; Møller, P.; Kapoor, B. G. (Eds.). Communication in fishes. Science Publishers Inc., Enfield, NH. p. 647-696.
- Alves-Gomes, J. A. 2001. The evolution of electroreception and bioelectrogenesis in teleost fish: a phylogenetic perspective. *Journal of Fish Biology*, 58: 1489-1511.
- Engler, G.; Fogarty, C. M.; Banks, J. R. & Zupanc, G. K. H. 2000. Spontaneous modulations of the electric organ discharge in the weakly electric fish, *Aptereronotus leptorhynchus*: a biophysical and behavioural analysis. *Journal of Comparative Physiology*, 186: 645-660.
- Maia, C. R.; Schmitt, R. & Alves-Gomes, J. A. 2009. Taxonomia molecular de microsternarchini (Pisces: Gymnotiformes): DNA Barcode e marcadores moleculares mitocondriais e nucleares como ferramenta. *61ª Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*, Manaus, AM.
- Mago-Leccia, F. 1976. Los peces Gymnotiformes de Venezuela: un estudio preliminar para la revisión del grupo en la América del Sur. Tesis Doctoral. Universidad Central da Venezuela. Caracas. 376 p.

- Mago-Leccia, F. 1994 Electric fishes of the continental waters of America. Fundacion para el Desarrollo de las Ciencias Fisicas, Matematicas y Naturales (FUDECI), Biblioteca de la Academia de Ciencias Fisicas. Matematicas y Naturales, Caracas, Venezuela. vol. 29 . 206 p.
- Silva, A.; Perrone, R. & Macadar, O. 2007. Environmental, seasonal and social modulations of basal activity in a weakly electric fish. *Physiology & Behavior*, 90: 525-536.
- Stoddard, P. K.; Markham, M. R.; Salazar, V. L. & Alee, S. 2007. Circadian rhythms in electric waveform structure and rate in the electric fish *Brachyhypopomus pinnicaudatus*. *Physiology & Behavior*, 90: 11-20.
- Sullivan, J. P. 1997. A phylogenetic study of the neotropical hypopomid electric fishes (Gymnotiformes: Rhamphichthyoidea). *Ph.D. dissertation*. Duke University, Durham, North Carolina, USA.

UTILIZAÇÃO DE *Microsternarchus bilineatus* COMO BIOMONITOR: O EFEITO DE COMBUSTÍVEIS AUTOMOTIVOS DERIVADOS DO PETRÓLEO NA DESCARGA DO ÓRGÃO ELÉTRICO

Diana José dos Santos Ferreira & José Antônio Alves-Gomes

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Laboratório de Fisiologia
Comportamental e Evolução (LFCE), Manaus, Amazonas, Brasil
E-mail: dianapesca@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Dentro do grupo dos Ostariophysi, os peixes elétricos, sulamericanos, da ordem Gymnotiformes são especiais por gerar (eletrogênicos) e detectar (eletrosensitivos) corrente elétrica por meio do órgão elétrico. Este é composto por células musculares modificadas, denominadas eletrócitos ou eletroplacas que de maneira ordenada e enfileirada, situam-se longitudinalmente de cada lado do corpo conectadas desde a espinha dorsal até a cauda dos peixes, realizam trocas iônicas na membrana celular que formam um campo elétrico ao redor destes peixes. Este campo permite a função de eletrocomunicação (reconhecimento de machos, fêmeas e espécies, escolha de parceiros, agressão, defesa, reprodução) e eletrolocalização (detecção de objetos, alimento e detecção à distância da DOE de outro peixe) (Alves-Gomes 1997, Hopkins 1988, Keynes 1957). A DOE pode ser medida e visualizada por equipamentos que nos permite obter respostas da sua taxa de repetição em Hertz (Hz), ou seja, os ciclos das descargas em função do tempo. A utilização de peixes elétricos em biomonitoramento avaliando a DOE tem despertado interesse desde a década de 60, mas no final do século 20 que intensificaram estes estudos devido as DOEs dos peixes elétricos apresentarem modificações em função de alterações físico-químicas da água. Nos Gymnotiformes, efeitos na DOE de *Apteronotus albifrons* foram observadas por Thomas *et al.* (1997) que avaliaram o efeito das variáveis de pH sobre a taxa de repetição (Hz) da DOE e observaram que esta diminuiu em condições ácidas (pH 3,6 a 5,4) e aumentou em condições básicas a partir do pH 10,6. Os mesmos autores em 1998 testaram o efeito da temperatura em dois protocolos de variação que foi diminuída e aumentada num intervalo de 22 a 32°C. Os resultados obtidos mostraram que existe dependência significativa, crescente e decrescente para cada unidade em grau Celcius da água, sobre a taxa de repetição da DOE e Thomas (2000) propôs um sistema integrado de gerenciamento funcionando como dispositivo de vigilância e proteção dos recursos aquáticos atuando em

casos de alarme, o *Gymnotox*, localizado nas proximidades do rio Moselle na cidade de Nancy na França. Este sistema consiste em combinar dados físico-químicos com informações de monitores biológicos, com o objetivo de compor um possível sistema de biomonitoramento em tempo real por meio de análises das taxas de repetições das DOEs. Rossoni (2005) e Schwertner (2005) utilizaram *Apteronotus hasemani* e observaram uma resposta imediata, associada à queda na taxa de repetição (Hz) a partir do tempo inicial de exposição à água de formação, um produto secundário da exploração do petróleo e concentrações de benzeno, tolueno e xileno (BTX), respectivamente. Ferreira & Alves-Gomes (2006) experimentaram o efeito da temperatura para um protocolo de variação de 25 até 15°C em *Microsternarchus bilineatus* e observaram que o sinal apresentou três fases no intervalo de 25 a 18 °C ocorrendo apenas diminuição da terceira fase do sinal a partir de 17 até 15°C. Efeito contrário ocorreu com o peixe elétrico africano *Brienomyrus niger* que aumentou a taxa de repetição ao longo de dois e três dias de exposição à pesticida e inseticida (Grove & Moller 1979).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 40 indivíduos de *Microsternarchus bilineatus* pertencentes à família Hypopomidae (figura 1) provenientes do igarapé Tarumã Grande localizado no Km 30 da BR-174 nas proximidades da cidade de Manaus (figura 2).

Dez indivíduos da espécie foram expostos a concentrações de 110 µL/L e 220 µL/L para cada poluente testado. Estas concentrações correspondem, respectivamente, a 25% e 50% do Limite de Tolerância (LTm) para peixes em águas continentais (CETESB 2006, 2008).

Cada experimento durou 9 horas, sendo que a primeira hora foi usada para a aclimação dos indivíduos nos tanques experimentais. A partir da segunda hora iniciou-se as gravações das DOEs com 2 minutos de duração, em intervalos de 15 minutos. Da segunda até a quinta hora foi usada como período pré-contaminação e as DOEs desta fase foram comparadas com as gravações feitas após a adição do poluente. Após a liberação do poluente no tanque, as gravações se seguiram por mais 4 horas (período pós-contaminação). O sinal bioelétrico foi captado por meio de eletrodos colocados nos tanques, amplificado, e então monitorado e visualizado por meio de um osciloscópio digital em tempo-real. O sinal foi gravado com o auxílio um conversor analógico/digital (resolução de 16 bits) e analisado com o programa MATLAB. Análises estatísticas foram feitas sobre a taxa de repetição das descargas entre os períodos pré e pós-contaminação. Mediante a

constatação da heterogeneidade dos dados, realizou-se o Teste t - Student pareado ($p < 0,05$), para valores pré e pós-contaminação.



Figura 1: Exemplar de *Microsternarchus bilineatus* Fernández-Yépez, 1968. Comprimento total de 80 mm. Foto: LFCE, 2006.



Figura 2: Imagem do Igarapé Tarumã Grande, Km 30, BR 174 (Manaus – Boa Vista).
Foto: www.earth.google.com (2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 40 indivíduos gravados, 34 tiveram suas DOEs alteradas, 85,30% mudaram suas taxas de repetição na primeira hora de exposição aos contaminantes. A figura 3 mostra o decréscimo significativo da taxa de repetição (Hz) para a maioria dos peixes testados e o aumento apenas para dois indivíduos. Nove dos dez indivíduos testados mudaram o ritmo de descarga para gasolina à concentração de 110 $\mu\text{L/L}$ e sete à 220 $\mu\text{L/L}$. Para óleo diesel a 110 $\mu\text{L/L}$, nove de dez indivíduos mudaram a taxa de repetição e, para 220 $\mu\text{L/L}$, nove dos dez indivíduos testados alteraram o padrão de descarga.

As pesquisas realizadas anteriormente com peixes elétricos (Gymnotiformes) mostraram que houve variações nos padrões das descargas quando expostos aos contaminantes e aos parâmetros físico-químicos testados, principalmente com a diminuição da taxa de repetição (Hz) (Thomas *et al.* 1997, 1998, Thomas 2000, Rossoni 2005, Schwertner 2005, Ferreira & Alves-Gomes 2006). Exceto para o peixe elétrico africano *Brienomyrus niger* que aumentou a taxa de repetição (Hz) (Grove & Moller 1979).

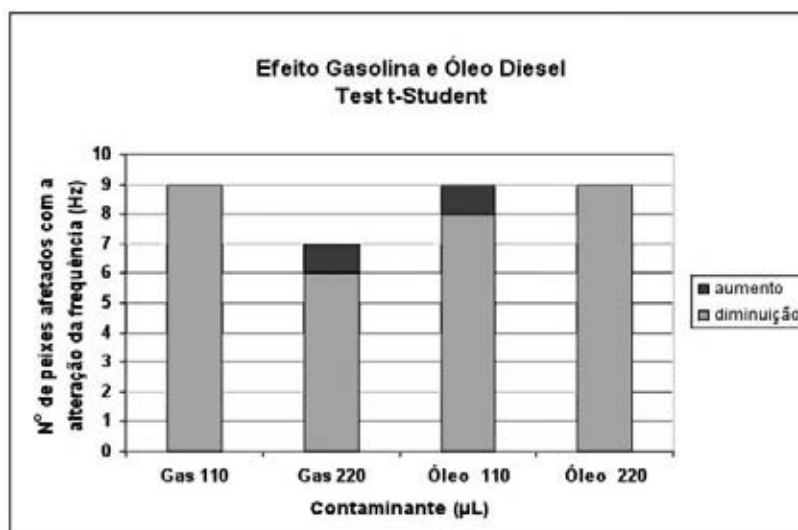


Figura 3: Número de peixes afetados com a alteração (decréscimo) significativa da taxa de repetição (Hz) em maior quantidade de peixes (N= 09) pelo contaminante gasolina 110 μL e óleo diesel 220 μL , e em menor quantidade de peixes afetados para gasolina 220 μL (N= 06) e óleo diesel 110 μL (N= 08). Apenas dois indivíduos tiveram aumento da taxa de repetição (Hz).

Variações nos resultados podem estar ocorrendo devido à tolerância diferencial individual aos contaminantes, mas de qualquer forma, os resultados obtidos até o momento sugerem que *Microsternarchus bilineatus* tem um ótimo potencial para ser utilizado como espécie biomonitora de ambientes aquáticos e, possivelmente desenvolver um Gymnotox para Amazônia.

REFERÊNCIAS

- Alves-Gomes, J. A. 1997. Informações preliminares sobre a bio-ecologia de peixes elétricos (Ordem Gymnotiformes) em Roraima. In: Barbosa, R. I.; Ferreira, E. J. G. & Castellón, E. G. (Eds.). Homem, ambiente e ecologia no Estado de Roraima. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 509–555.
- CETESB. 2006. Ficha de Informação de Produto Químico. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=COMBUST%CDVEL%20AUTO-MOTOR> Acesso em: 02 mar. 2006.
- CETESB. 2008. Ficha de Informação de Produto Químico. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Emergencia/produtos/ficha_completa1.asp?consulta=GASÓLEO,%20OU%20ÓLEO%20DIESEL> Acesso em: 02 mar. 2006 e 23 jul. 2008.
- Ferreira, D. J. S. & Alves-Gomes, J. A. 2006. Mudanças na descarga elétrica de *Microsternarchus bilineatus* expostos à variação da temperatura. Resumos: VII Congresso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre na Amazônia e América Latina. Ilhéus, Bahia.
- Grove, P. & Moller, P. 1979. Electric fishes as a tool for water quality assessment. *Transactions of the American Fisheries Society*, 108: 420-421.
- Hopkins, C. D. 1988. Neuroethology of Electric Communication. *Ann. Rev. Neurosci.*, 11: 497-535.
- Keynes, R. D. 1957. Electric Organs. In: Brown, M. E. (Ed.). *The Fisiology of Fishes*. Vol. 2. p. 323 – 343.
- Rossoni, D. M. 2005. A utilização das descargas dos órgãos elétricos de *Apteronotus hasemani* e *Apteronotus bonapartii* (Apteronotidae-Gymnotiformes) como bioindicadores em ambientes aquáticos. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 86 pp.
- Schwertner, G. 2005. Apteronotidae (Pisces: Gymnotiformes) como biomonitores para compostos BTX. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 118 pp.

- Thomas, M. 2000. Integrating Physical, Chemical and Biological Monitoring. *Security of Public Water Supplies*. p. 107–114.
- Thomas, M.; Florion, A. & Chrétien, D. 1997. The effect of pH and conductivity on the electric behaviour of *Apteronotus albifrons* (Family Apteronotidae) in a pollution monitoring system. *Environmental Technology*, 18: 1069-1083.
- Thomas, M. ; Florion, A. & Chrétien, D. 1998. A new warning biomonitor using a weakly electric fish *Apteronotus albifrons* (Gymnotiformes), and the effect of temperature on the bioelectric responses. *Environmental Monitoring and Assessment*, 51: 605-620.

IMPACTS OF PHENANTHRENE ON TAMBAQUÍ *Colossoma macropomum*: LC₅₀, GROWTH AND HEMATOLOGY

Carlos Chávez V.¹ & Adalberto Val²

¹Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos - AQUAREC. Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5, Iquitos, Perú.
E-mail: cchavez@iiap.org.pe

²Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Laboratory of Ecophysiology and Molecular Evolution (LEEM), Av. André Araújo N° 2936, Manaus, Brasil.

INTRODUCTION

The toxicity of petroleum is mostly related to its water soluble fraction (WSF) that contains mono- and poly-cyclic hydrocarbons (PAHs), which may cause behavioral, physiological and biochemical disturbances in fish (Almeida-Val *et al.* 2002). Many PAHs are found throughout our environment and can persist for months or years. In the aquatic environment, these contaminants are rapidly associated with particles, thus becoming available to aquatic organisms. Phenanthrene is a PAH considered dangerous to marine fish, because it affects on health and basic physiological functions (Jee *et al.* 2004). Environmental contamination by PAHs presents a risk to both human health and bio-systems mainly due to their potentially toxic, carcinogenic, and/or mutagenic effects on animals and human beings (Yang *et al.* 2002). To examine the acute and sub-lethal toxicities of phenanthrene in freshwater fish were determined the median lethal concentration (LC₅₀) and its effects on growth and hematology for tambaqui *Colossoma macropomum*.

MATERIAL AND METHODS

Tambaquis (mean $\pm$ S.D. weight, $31,88 \pm 1,97$ g) were obtained from fish farm of the Central Amazon and acclimated to the laboratory conditions (28 ± 1 °C) for 2 weeks prior to experiment. LC₅₀: In a Shimadzu UV-240 spectrophotometer was used 250 nm of wavelength to know the quantity of volatile phenanthrene per hour and built the calibration curve. Different phenanthrene concentrations were tested using Sprague's geometric progression with replacement of initial

concentration at 12 h intervals, until complete 96 hours. All aquaria contained 20 fish under semistatic and normoxic conditions. Mortality observations were made every 12 h along 4 days; there were no control fish mortalities. The LC_{50} and their 95% confidence intervals were calculated by the trimmed Spearman-Kärber method (Hamilton *et al.* 1977). For growth calculation and bioindex, the working solutions were 5, 25 and 50% LC_{50} , for 4 weeks. Every 48 h were renewed 1 L to avoid nitrite formation. Feed readjustment and growth calculation was made after 2nd and 4th weeks. The bioindex used were: Condition factor, weight gain, specific growth rate, feed efficiency, feed conversion and hepatosomatic index. At the end of the 4th week, using regular methods were evaluated the following hematological parameters: Hematocrit, hemoglobin, methemoglobin, red blood cell, corpuscular constants, plasma glucose and lactate. Statistical analysis was performed using Sigma Stat 2.0; two- and one-way ANOVAs and Tukey's Test ($\alpha=0.05$). Results are shown as mean $\pm$ SEM, (n=5).

RESULTS AND DISCUSSION

LC_{50} for tambaqui was established in 0,94 mg/L (0,91-0,97) of phenanthrene for 96 hours. Antón & Lizaso (2001) reported for marine fish LC_{50} (0,04-0,60 mg/L). Values to freshwater fish do not exist. The average weight gain, feed efficiency and specific growth rate are similar to data obtained by Jee *et al.* (2004) (figure 1).

Final weight gain, condition factor and hemoglobin were significantly decreased as well. However, plasma glucose, lactate and methemoglobin were increased significantly, and similar results were reported for tambaqui at petroleum exposure by Almeida-Val *et al.* (2002) and Silva *et al.* (2002) (Table 1).

The main finding is that tambaqui exposed to phenanthrene at more than 5% CL_{50} are likely to experience negative impacts on fish health and basic physiological functions.

ACKNOWLEDGEMENTS

Carlos Chávez was supported by a Belgian Embassy master's degree fellowship (Peru) and ALV by INPA (Brazil). We are also grateful to Pronex Program /FAPEAM and CNPq and Agropecuária Thirá Ltda. (Novo Airão, AM, Brazil) for supplying the tambaquis used in this research.

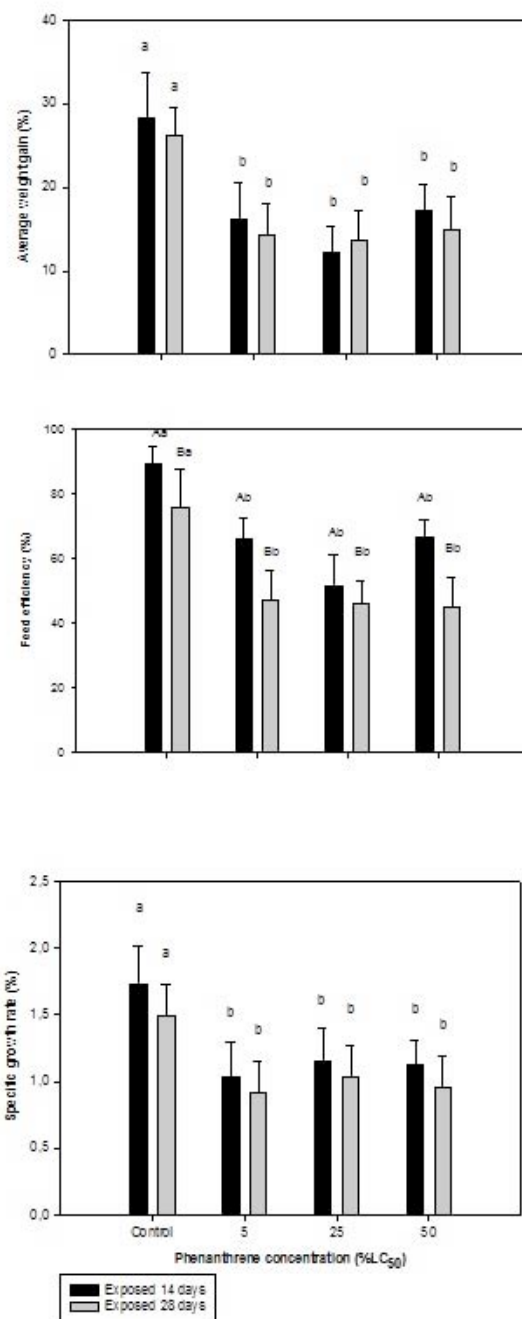


Figure1. Effects of different phenanthrene concentrations on three bioindex of tambaquí during 4 weeks. Same alphabetic letters are not significantly different ($P>0,05$). Capital letters indicate time factor.

Table 1. Effects of different phenanthrene concentrations on condition factor, final weight gain and hematological parameters of tambaquí for 4 weeks. Same alphabetic letters on the rows are not significantly different ($P>0,05$). Capital letters within each column indicate time factor.

Parameters	Exposure period (weeks)	Phenanthrene Concentration (% LC ₅₀)			
		Control	5	25	50
Condition factor	0 ^A	1,65± 0,03 ^a	1,58± 0,05 ^b	1,61± 0,04 ^{ab}	1,69± 0,02 ^a
	2 ^B	1,71± 0,03 ^a	1,67± 0,04 ^b	1,73± 0,05 ^{ab}	1,79± 0,05 ^a
	4 ^A	1,71± 0,05 ^a	1,52± 0,02 ^b	1,58± 0,02 ^{ab}	1,58± 0,04 ^a
F. Weight Gain (g)	4	13,44± 1,83 ^a	7,17± 1,39 ^b	6,99± 1,80 ^b	7,08± 1,13 ^b
Hb (g/dL)	4	6,91± 0,11 ^a	6,08± 0,21 ^b	6,09± 0,10 ^b	6,33± 0,19 ^{ab}
MetHb (%)	4	39,91± 1,13 ^a	40,01± 2,49 ^a	48,59± 1,83 ^b	48,80± 1,95 ^b
Glucose (mg/dL)	4	45,50± 0,77 ^a	55,48± 3,69 ^{ab}	57,90± 6,20 ^{ab}	63,15± 3,36 ^b
Lactate (mg/L)	4	39,06± 1,41 ^a	34,74± 4,25 ^a	53,36± 2,76 ^b	43,92± 2,91 ^{ab}

REFERENCES

- Almeida-Val, V.M.F., Duncan, W.P. & Val, A.L., 2002. Crude oil effects on fish of the Amazon: Current status. In: Tropical Fish. News and Reviews; Proceedings of the International Congress on the Biology of Fish, Vancouver, B.C. Canada, Julho 22-25, Val, A. & Mac Kinlay, D. (Eds), pp 49-59.
- Antón, A. & Lizaso, J. 2001. Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria. www.fundisa.org/articulos/fhaps.pdf. Checking 15/05/2004.
- Hamilton, M.A., Russo, R.C., Thurston, R.V., 1977. Trimmed Spearman-Kärber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. Environmental Sciences & Technology 11(7): 714-719. (Correction: 1978. Environmental Sciences & Technology 12:417).
- Jee, J.H., Kim, S.G. & Kang, J.C., 2004. Effects of phenanthrene on growth and basic physiological functions of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 304: 123-136.
- Yang, Y., Zhang, X.X. & Korenaga, T., 2002. Distribution of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAHs) in the soil of Tokushima, Japan. Water, Air and Pollution 138: 51-60.

Piscicultura

PISCICULTURA AMAZÔNICA: POTENCIALIDADES E DESAFIOS PARA O DESENVOLVIMENTO EM REDE

Evoy Zaniboni-Filho

Laboratório de Biologia e Cultivo de Peixes de Água Doce – Departamento de Aquicultura – Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC, Brasil
E-mail: evoy@lapad.ufsc.br

INTRODUÇÃO

A aquicultura mundial tem apresentado um expressivo crescimento nas últimas décadas. Esse crescimento é ainda maior nos países em desenvolvimento. Apesar disso, há uma escassez de pacotes tecnológicos desenvolvidos ou adaptados às realidades desses países. Há urgência na realização de pesquisas para garantir a sustentabilidade da atividade e o maior rendimento produtivo. Muitas das potencialidades ainda não foram exploradas e outras se encontram subutilizadas. Uma solução simples que vem sendo utilizada pelo setor nesses países em desenvolvimento é a importação do conhecimento existente para o cultivo de peixes feito em outros países, ou ainda, de tecnologias usadas para o cultivo de outras espécies de peixes em outros países.

Neste trabalho são apresentados alguns exemplos dos perigos decorrentes da generalização do conhecimento adquirido em outras regiões do planeta para o cultivo de peixes. Adicionalmente, são discutidos alguns dos cuidados que devem ser tomados para garantir a variabilidade genética dos estoques usados pela piscicultura, permitindo a exploração sustentável desse recurso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Uma das estratégias para desenvolver o conhecimento necessário para fortalecer a piscicultura amazônica é juntar as potencialidades existentes e atuar numa rede de pesquisa e desenvolvimento. A realização das pesquisas em rede apresenta muitas vantagens, tais como reduzir o tempo para solução dos entraves; maximizar o aproveitamento das instalações de pesquisas existentes; possibilitar o desenvolvimento das vocações regionais, e ainda, a mais importante, permitir o envolvimento e a qualificação do pessoal regional, mantendo-os motivados e engajados. Essa condição permite a

maximização do aproveitamento dos recursos disponíveis. O grande desafio é a falta de hábito dos pesquisadores para o trabalho em parceria com distintos grupos de pesquisa, ainda mais numa região tão ampla e peculiar como a Pan-Amazônia. Um exercício altruísta dos pesquisadores e técnicos da área permitirá a definição das prioridades de trabalho e até mesmo, a identificação das vocações dos distintos grupos e instituições envolvidas na rede. A execução das pesquisas deve ser conduzida de modo a permitir a comparação e a correlação entre os distintos testes realizados. A definição das prioridades de pesquisa e desenvolvimento deve considerar os distintos sistemas de produção utilizados no cultivo de peixes (intensivo, extensivo, viveiros, tanques-rede, etc.) e privilegiar o desenvolvimento da piscicultura familiar e industrial. Também há necessidade de uma articulação constante entre a pesquisa e o fomento da piscicultura, possibilitando o gradativo crescimento da atividade e a retroalimentação das diretrizes da pesquisa. Apesar do expressivo crescimento da piscicultura mundial estar centrada nos países "em desenvolvimento", ainda há carência de pacotes tecnológicos desenvolvidos ou adaptados às realidades desses países. Dessa forma, nesses países, a piscicultura continua sendo realizada com base na importação do conhecimento desenvolvido em outras regiões e até mesmo com o cultivo de outras espécies. Os tratados de piscicultura disponíveis para o treinamento dos produtores sul-americanos continuam baseados em conhecimentos adquiridos no cultivo de espécies de clima temperado. Vários são os problemas decorrentes dessa prática. A seguir seguem os detalhes de alguns dos exemplos de equívocos técnicos cometidos pelo setor produtivo, somente percebido quando as pesquisas começaram a ser desenvolvidas testando a viabilidade da técnica.

Preparação de viveiros para a larvicultura e produção de alevinos

Muitas publicações disponíveis para os produtores latinoamericanos (escritas em espanhol ou português) informam que as larvas de peixes apresentam preferência alimentar no início da alimentação externa para o consumo de fitoplâncton ou de pequenos organismos do zooplâncton (infusórios, rotíferos, protozoários, etc.) (Huet 1978, Woynarovich & Horvath 1983). Esse conhecimento estimulou o uso de substâncias químicas nos viveiros para selecionar os organismos planctônicos, excluindo aqueles que não seriam utilizados diretamente pelas larvas de peixes, reduzindo assim a competição e maximizando a produção das larvas. Para tal foi recomendado (Woynarovich & Horvath 1983) durante anos o uso de organofosforados nos viveiros para eliminar os crustáceos planctônicos (cladóceros e copépodos), além de

alguns predadores das larvas (vários insetos aquáticos – Odonata, etc.). Quando foram realizadas pesquisas para avaliar a preferência alimentar de algumas das espécies cultivadas na América do Sul, entre elas o tambaqui *Colossoma macropomum* (Zaniboni-Filho 1992), o pacu-caranha *Piaractus mesopotamicus* e a curimba *Prochilodus lineatus* (= *P. scrofa*) (Pelli et al. 1997), foi observado que as larvas apresentam preferência alimentar, ao iniciar a alimentação exógena, exatamente pelos organismos eliminados pelos organofosforados (cladóceros e copépodos). No caso do tambaqui, foi observado inclusive uma seletividade alimentar negativa ao consumo de rotíferos e infusórios (Zaniboni-Filho 1992).

Alimentação de reprodutores no período de maturação gonadal

Considerando-se o conhecimento adquirido para peixes de clima temperado, tem-se a informação de que os peixes necessitam de uma dieta abundante e completa durante a fase de maturação gonadal, quando muita energia é canalizada para a formação das gônadas. Assim, foi recomendado o fornecimento de uma dieta rica em proteínas, e em quantidade abundante, durante os meses que antecedem a desova. Somente com a realização de estudos de autoecologia de peixes migradores sulamericanos foi observado que a dinâmica alimentar destes peixes é bastante distinta. Enquanto peixes de clima temperado têm a limitação do inverno rigoroso para a alimentação, necessitando compensar o déficit alimentar no início da primavera e garantir a energia adicional necessária para a maturação gonadal e desova, os peixes neotropicais, via de regra, apresentam grandes depósitos de gordura intramuscular e intraperitonal quando se inicia o desenvolvimento gonadal (Ribeiro 1983, Zaniboni-Filho 1985). Dessa forma, observa-se uma redução natural na ingestão de alimentos durante a fase de maturação gonadal, sendo gradativamente utilizada a energia armazenada. Ao final do desenvolvimento gonadal, verifica-se que os depósitos lipídicos são praticamente extintos e a cavidade abdominal passa a ser ocupada por enormes gônadas.

Em cativeiro, o consumo de alimento permanece intenso, de modo que, caso haja o fornecimento de quantidades elevadas de ração, não ocorrerá a redução dos depósitos lipídicos, e, conseqüentemente, espera-se o desenvolvimento de gônadas menores devido à falta de espaço na cavidade abdominal, o que conduz a uma menor fecundidade. Alguns autores registraram espaço abdominal, permitindo um maior crescimento gonadal (Zaniboni-Filho 1985, Arias-Castellanos 1995, Lima & Goulding 1998). Além disso, a prática de que a migração

reprodutiva propicia a redução da gordura visceral e amplia o indução à desova com a utilização de hormônios hipofisários tem mostrado uma menor efetividade quando são utilizados reprodutores com mais gordura, sendo preferida a indução de exemplares com menos gordura. Isso acontece porque o hormônio gonadotrófico é lipófilo, portanto, é capturado pelo tecido adiposo e deixa de atuar sobre as gônadas.

Arias-Castellanos *et al.* (2005) realizaram um experimento de restrição alimentar do plantel de reprodutores de yamú (*Brycon siebenthalae* = *B. amazonicus*) durante o período de maturação gonadal. Nesse trabalho testaram o desempenho reprodutivo de peixes submetidos à redução de 50% da alimentação nos três meses que antecederam o período reprodutivo, comparando esses animais com um lote alimentado sem restrição, que recebeu o equivalente a 3% do peso vivo ao dia. Os autores concluíram que houve semelhança nas taxas de fertilização e de eclosão em ambos os tratamentos, embora as fêmeas com restrição alimentar tenham apresentado maior efetividade ao tratamento de indução hormonal e produzido óvulos maiores no momento da desova. Além disso, merece também destaque o menor custo com a ração para a manutenção do plantel de reprodutores, proporcionado por esse manejo, e a menor poluição do viveiro com dejetos e restos de alimento não consumidos.

Considerando a ampla área da Amazônia e o status do conhecimento científico da região, os estudos de piscicultura em rede também precisam levar em consideração o estoque genético da população trabalhada. Certamente há necessidade de estudos que avaliem a variabilidade genética das populações de peixes de interesse para o cultivo, possibilitando a realização de experimentos de piscicultura que possibilitem avaliar o potencial de cultivo de cada um dos estoques (ou de cada população). De toda forma, enquanto esse mapeamento genético não é concluído, pequenas ações dos pesquisadores envolvidos na rede de pesquisa poderão ser de grande utilidade.

Entre elas, montar o plantel de reprodutores a partir da captura de exemplares selvagens (ao invés de adquirir alevinos de estações de produção). Esses exemplares deverão ser individualmente marcados e as informações de cada peixe mantida num banco de dados, contendo dados de origem do exemplar e o controle dos cruzamentos realizados, possibilitando análise de desempenho dos descendentes. Quando estiverem disponíveis projetos específicos de mapeamento genético, esse plantel de reprodutores poderá ser caracterizado. Dessa forma, todo o trabalho de piscicultura realizado com estes peixes poderá ser aproveitado (testes de desempenho, experimentos de alimentação, reprodução e nutrição, etc.)

A cada teste realizado, garantir que a origem dos peixes utilizados no experimento é registrada. Esse cuidado permite o aproveitamento do conhecimento mesmo no caso de serem feitas alterações na nomenclatura zoológica. Recentemente houve uma revisão das espécies do gênero *Brycon* que ocorrem na região Amazônica. Essa revisão considera que as duas espécies de matrinxã distribuídas nas bacias do Orinoco (*Brycon siebenthalae*) e do Amazonas (*B. cephalus* = *B. amazonicus*) pertencem à mesma espécie e foram agrupadas sob a denominação *B. amazonicus*. Nesse caso não há uma perda da informação adquirida pela piscicultura, pois basta que todos os dados obtidos até o momento sejam agrupados e que representem o conhecimento sobre o cultivo do *B. amazonicus*. Apesar disso, outras revisões sistemáticas têm recomendado a divisão de uma espécie em duas, como foi o caso da revisão do dourado (*Salminus brasiliensis*) feita em 2007. Nesse trabalho essa única espécie amplamente distribuída na América do Sul foi dividida em duas (*S. brasiliensis* e *S. franciscanus*), sendo que essa última restrita à bacia do rio São Francisco. Nesse caso, os trabalhos desenvolvidos com o dourado e que não especificaram a origem dos peixes (de qual região eram provenientes) ficaram com utilidade restrita, sem poder ser atribuído a uma determinada espécie. Essa situação pode ser ampliada para os casos onde existem diferentes populações de uma mesma espécie, quando variações nas frequências gênicas das distintas populações provocam alterações no desempenho zootécnico da espécie. A simples informação da origem dos peixes utilizados nos experimentos de piscicultura possibilita o futuro aproveitamento da informação obtida.

Muitos são os desafios para o crescimento da piscicultura na região amazônica, porém, certamente essas dificuldades poderão ser melhor e mais rapidamente vencidas caso os trabalhos sejam desenvolvidos num ambiente de rede.

REFERÊNCIAS

- Arias-Castellanos, C.J. 1995. Contribución al conocimiento biológico de los peces de los llanos, Yamú (*Brycon siebenthalae*) y Sapuara (*Semaprochilodus* cf. *laticepi*) con fines de cultivo. Informe final. Universidad de los Llanos – Colciencias. Villavicencio, 63p.
- Arias-Castellanos, J.A.; Zaniboni-Filho, E.; Pardo-Carrasco, S.C.; Vásquez-Torres, W. & Atencio-Garcia, V.J. 2005. Effect of food restriction in spawning of yamú females *Brycon siebenthalae* (Osteichthyes, Characidae). *Acta Scientiarum. Animal Science*, 27 (2): 235-239.
- Huet, M. 1978. Tratado de Piscicultura. Mundi-Prensa, Madrid. 741p.

- Pelli, A.; Dumont-Neto, R.; Silva, J. D. ; Gonçalvez, S. M. R.; Souza, D. S. & Barbosa, N. D. C. 1997. Ingestão de ração por pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887), curimba (*Prochilodus scrofa* Steindachner, 1881) e piauí (*Leporinus friderici* Bloch, 1794) em condições semi-intensivas. *Boletim do Instituto de Pesca*, 24 (especial): 119-123.
- Ribeiro, M.B.L.B. 1983 As migrações dos jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil. Dissertação (mestrado), INPA/FUA. Manaus, AM. 192p.
- Lima, A.C. & Goulding, M. 1998. Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia. Sociedade Civil. Mamirauá-MCT-CNPq.
- Woyanovich, E. & Horváth, L. 1983. A propagação artificial de peixe de águas tropicais: manual de extensão. FAO/CODEVASF/CNPq, Brasília, DF. 220 p.
- Zaniboni-Filho, E. 1985. *Biologia da reprodução do matrinxã, Brycon cephalus*. Dissertação (Mestrado) –Universidade da Amazônia, Manaus, AM.
- Zaniboni-Filho, E. 1992. Incubação, larvicultura e alevinagem do tambaqui (*Colossoma macropomum*). Tese(Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

AVANCES EN EL SEXAJE DEL PAICHE O PIRARUCU

Jesús Núñez^{1,3}, Rémi Dugué¹, Miriam Alván-Aguilar², Fabrice Duponchelle^{1,3}, Jean François Renno^{2,3}, Carlos Chávez² & Fred Chu-Koo²

¹Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175-CAVIAR, F-34000 Montpellier, France.
E-mail: Jesus.Nunez@ird.fr

²Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos - AQUAREC. Laboratorio de Bromatología, Limnología y Hematología. Av. Abelardo Quiñones Km. 3.5, Iquitos, Perú.

³Universidad Nacional Federico Villarreal - Facultad de Oceanografía Pesquería y Ciencias Alimentarias (UNFV-FOPCA), UR 175-CAVIAR, Calle Roma N° 350, Miraflores, Lima, Perú.

INTRODUCCIÓN

El paiche o pirarucu es una especie emblemática de la cuenca amazónica y es el pez tropical de agua dulce con mayor crecimiento (>10 kg año⁻¹) lo que lo convierte en un buen candidato para el cultivo en piscicultura (Chu-Koo & Alcántara 2009, Nuñez 2009). Para reproducirse los peces forman una pareja que determina un territorio y lo defiende durante todo el proceso de reproducción y de cría de los alevines (Bard & Imbiriba 1986). Existe un cuidado parental de la puesta y de las crías después de la eclosión hasta mas de un mes, realizado principalmente por el macho. Debido a estas singulares características se deben conformar parejas para optimizar las reproducciones en estanques.

Para el manejo de reproductores en cautiverio, no hay caracteres externos confiables para determinar el genero. Entre otros este parámetro es responsable de una escasa tasa de reproducción en condiciones de confinamiento. Otra característica de la especie se manifiesta en una baja fecundidad y la producción de pocos alevines por puesta.

Todo esto implica mejorar el éxito reproductivo en cautiverio, aplicando nuevos protocolos de manejo de reproductores sexados.

Se han probado otros métodos de sexaje en varias especies de peces (ecografía, coloración) sin embargo ninguna de esas técnicas ha dado resultados confiables en paiche. Si bien la observación directa (endoscopía) de la gónada permite un sexaje seguro, este método necesita una anestesia profunda del pez lo que puede ocasionar

mortalidades y necesita un manipuleo excesivo de los animales. En el caso de la coloración, si bien existe un patrón de coloración marcado en paiche entre macho y hembra en el medio natural principalmente durante la época de reproducción, este patrón es mucho mas débil en peces mantenidos en cautiverio, y en muchos casos subsisten muchas dudas en cuanto a la determinación del genero mediante esta simple observación.

A nivel de sexaje mediante pruebas bioquímicas, existen dos opciones complementarias, una basada en métodos hormonales (medición de hormonas esteroides, como 17 β -Estradiol y 11-Keto-Testosterona) y otra basada en la detección de vitelogenina ambos a partir de la sangre de los peces (Chu-Koo *et al.* 2009).

La vitelogenina o Vtg es una glico-lipo-fosfo-proteína sintetizada solamente en el hígado de la hembra en proceso de maduración. Transportada en la sangre se acumula (vitelo) en los ovocitos durante la fase de "vitelogenesis" para servir de reservas durante la embriogénesis y luego para las larvas después de la eclosión y hasta su primera alimentación externa. Se considera que la Vtg representa mas de 80% de la composición del vitelo de los óvulos.

Esta proteína esta ausente de la sangre del macho y de los peces inmaduros (hembras o machos). La detección en la sangre de un pez indica de manera segura la presencia de una hembra. Debido a esta especificidad de genero en peces que han alcanzado la edad de madurez sexual, este método de sexaje es valido únicamente para peces adultos.

La identificación individual asociada al sexaje sistemático de los reproductores de paiche permitirá determinar que animales se reproducen y cual es su desempeño en términos de producción de crías.

METODOLOGÍA

Obtención de la Vitelogenina de paiche

La purificación de vitelogenina ha sido realizada por electroforesis en gel de poliacrilamida y electro-elución (Dugué *et al.* 2008) a partir de plasma de individuos tratados con estradiol (17 β -E₂) a razón de 5 μ g/g de concentración final después de siete inyecciones intra-peritoneales efectuadas cada dos días. El 17 β -estradiol permite estimular en gran cantidad la producción de Vtg en el hígado de los peces y posteriormente su descarga en la sangre. Luego el plasma separado por centrifugación fue colectado 2 semanas después del inicio del tratamiento con 17 β -E₂ y congelado a -20 °C hasta la utilización.

Obtención del anticuerpo, y pruebas de especificidad

El anticuerpo específico para la vitelogenina de paiche ha sido obtenido en conejos, inyectando una solución de Vtg durante dos meses. A partir del suero de conejo se han purificado las inmunoglobulinas (IgG) específicas de la Vtg de paiche. Una parte de estas IgG fueron marcadas con una enzima permitiendo su posterior revelación con el sustrato adecuado.

Las pruebas de especificidad del anticuerpo fueron realizadas en placas de 96 pozos en un primer momento por EIA (Enzima Inmuno Ensayo) y luego directamente con las membranas de nitrocelulosa en las cuales previamente las IgG anti-Vtg de paiche habían sido inmovilizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfología de la gónada

El aparato reproductor del paiche presenta una característica poco común en peces, tanto los machos como las hembras muestran un solo lóbulo desarrollado en el lado izquierdo y dorsal de la cavidad general. El testículo es alargado y casi cilíndrico con poco semen en adultos y presenta un aspecto filiforme en peces inmaduros (figura 1).

El ovario presenta numerosos pliegues transversales (lámelas ováricas), en los cuales se desarrollan los ovocitos. Estos presentan varios tamaños indicando que el desarrollo de la ovogénesis es de tipo asincrónico (o sincrónico por grupos), autorizando varios desoves consecutivos (Guerra 1980, Godinho *et al.* 2005, Saavedra Rojas *et al.* 2005). El ovario no tiene "pared" (*gymnovarium*) los óvulos que han alcanzado la madurez y completaron la maduración ovocitaria y la ovulación, son liberados en la cavidad general y expulsados al nivel del poro genital en el momento del desove. Esta característica hace que la canulación no permita llegar directamente al ovario como en la mayoría de los peces y no permite tomar una muestra de tejido ovárico de la cual se podría realizar el sexaje mediante observación directa de los ovocitos.

El tipo de desarrollo ovocitario observado permite desoves durante todo el año aunque existe una mayor ocurrencia de desoves entre septiembre y marzo en reproductores mantenidos en estanques de tierra en la región de Iquitos.

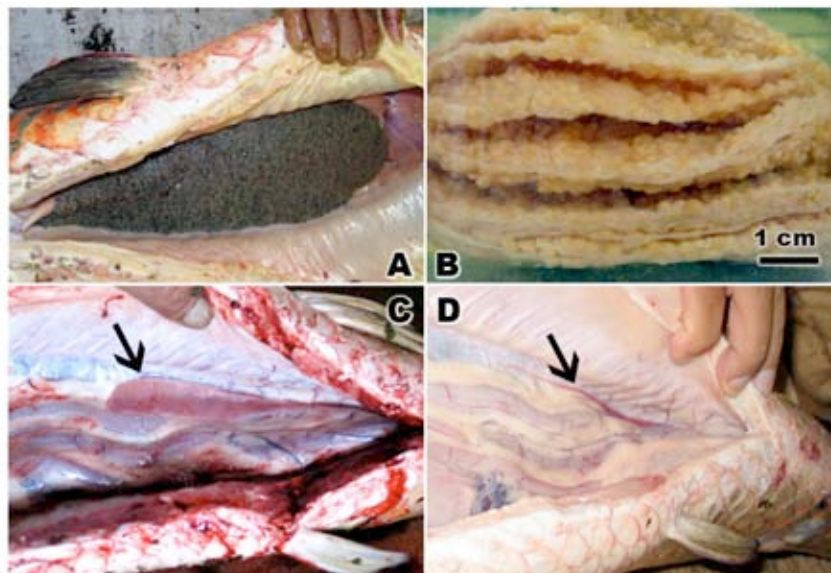


Figura 1. Aspectos morfológicos de las gónadas de Paiche *Arapaima gigas*. **A:** Ovario en proceso avanzado de vitelogenesis. **B:** Detalle de las lámelas de un ovario en estadio avanzado de desarrollo. **C:** Lóbulo único del ovario de una hembra inmadura. **D:** Lóbulo único del testículo de un macho inmaduro. Ambos localizados en la parte izquierda de la cavidad general.

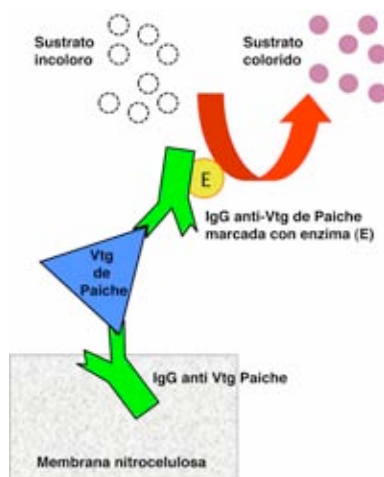


Figura 2. Principio de la metodología de sexaje sobre membrana de nitrocelulosa. Todas las etapas se realizan en 2:30 horas a partir de una sola gota de sangre.

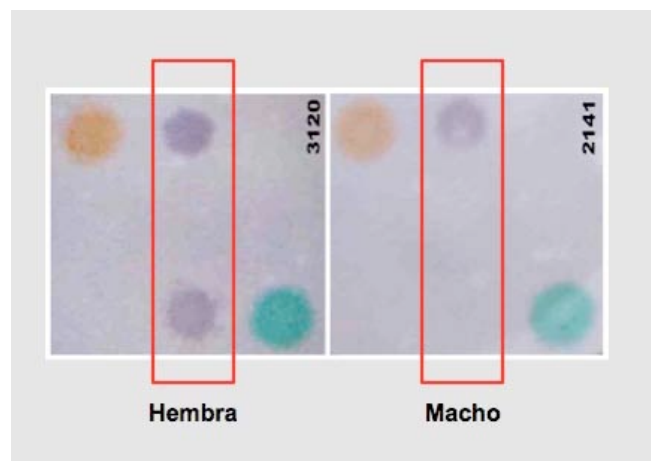


Figura 3. Ejemplo de dos membranas de nitrocelulosa después del proceso de incubación y revelación. Las membranas se orientan con el punto de color naranja en la parte izquierda superior y en verde en la parte derecha inferior. Estos dos puntos ya están presentes antes de la incubación. La zona central subrayada en rojo puede presentar una o dos manchas después de la incubación. Si hay un solo punto en la parte superior, el plasma era de un macho, si hay dos puntos en la parte central el plasma era de una hembra.

Vitelogenina y sexaje

Los niveles de vitelogenina en la sangre varían durante el año, especialmente en las especies que presentan una reproducción anual bien marcada, en este caso en la época de "descanso" los niveles de Vtg pueden ser muy bajos y prácticamente no detectables. En el caso del paiche con varios desoves durante el año, la actividad reproductiva es casi continua, aunque disminuye notablemente durante la época seca. Esto nos indica que la presencia de Vtg con niveles relativamente altos es prácticamente constante en el plasma de la hembras de paiche durante todo el año. Y mismo si hay variaciones de los niveles de Vtg durante el año, estos son suficientemente altos para ser detectados con el sistema de membranas desarrollado, el cual presenta una alta sensibilidad. Este sistema permitió sexar los reproductores de mas de 3 años directamente en el campo a partir de una simple gota de sangre. El proceso se realiza a temperatura ambiente y no necesita equipos particulares (Fig. 2). El resultado puede ser visualizado a simple ojo después de 2:30 horas determinando la presencia o ausencia de reacción en una zona específica de la membrana (Fig. 3), una vez

concluidas las diferentes etapas de incubación con los reactivos incluidos en el kit.

Perspectivas

Con el sexaje sistemático y la identificación con Pit Tags, se podrá constituir mas fácilmente parejas en estanques pequeños o grupos con machos y hembras en números equilibrados o no en estanques mas grandes. De esta manera se espera aumentar el éxito reproductor en cautiverio y finalmente la producción de alevines necesarios para el desarrollo del cultivo de esta importante especie. La disponibilidad de alevines también puede permitir programas de repoblamiento en áreas fácilmente controlables, como lagos o cochas en zonas pobladas, permitiendo un manejo sostenible de los paiches introducidos por los mismos comuneros de la zona.

Finalmente también se puede considerar el aprovechamiento de alevines excedentarios mediante el comercio de peces ornamentales.

AGRADECIMIENTOS

Al Institut de Recherche pour le Développement (IRD), al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) y al proyecto INCAGRO por la contribución al financiamiento del estudio.

REFERENCIAS

- Bard, J. & Imbiriba, E.P., 1986. Piscicultura de pirarucu, *Arapaima gigas*. EMBRAPA-CPATU N° 52. EMBRAPA-CPATU, Belém, p. 52.
- Chu-Koo, F. & Alcántara, F., 2009. Paiche doméstico en la Amazonía: Perspectivas de una crianza sostenible. Pesca Responsable 57, 32-33.
- Chu-Koo, F., Dugué, R., Alván Aguilar, M., Casanova Daza, A., Alcántara Bocanegra, F., Chávez Veintemilla, C., Duponchelle, F., Renno, J.F., Tello, S. & Nuñez, J. 2009. Gender determination in the Paiche or Pirarucu (*Arapaima gigas*) using plasma vitellogenin, 17 β -estradiol, and 11-ketotestosterone levels. Fish Physiol Biochem 35, 125-136.
- Dugué, R., Chu-Koo, F., Alcantara, F., Duponchelle, F., Renno, J.-F. & Nunez, J., 2008. Purification and assay of *Arapaima gigas* vitellogenin : potential use for sex determination. Cybium 32, 111-111.

- Godinho, H.P., Santos, J.E., Formagio, P.S. & Guimaraes-Cruz, R.J., 2005. Gonadal morphology and reproductive traits of the Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Acta Zoologica* 86, 289-294.
- Guerra, F.H., 1980. Desarrollo sexual del paiche, *Arapaima gigas*, en las zonas reservadas del estado (Río Pacaya Samiria) 1971-1975. Informe IMARPE N° 67. Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú, p. 20.
- Nunez, J., 2009. Domestication de nouvelles espèces d'intérêt piscicole en Amazonie. *Cah Agricultures* 18, 136-143.
- Saavedra Rojas, E.A., Quintero Pinto, L.G. & Landines Parra, M.A., 2005. Aspectos reproductivos. In: Sanabria, A.I., Beltran, I.C., Daza, P.V.s (Eds.), *Biología y cultivo del pirarucú Arapaima gigas* Schinz, 1822. Pisces: Arapaimidae. Bases para un aprovechamiento sostenible - Aspectos Reproductivos. INCODER/UNC, Bogotá, Colombia, pp. 31-40.

CRECIMIENTO, CONVERSIÓN ALIMENTICIA Y SOBREVIVENCIA DE PACO (*Piaractus brachypomus*) CULTIVADO EN ESTANQUES CON Y SIN REVESTIMIENTO DE GEOMEMBRANAS EN LA AMAZONÍA PERUANA

Astrid Dañino Pérez¹, Omar Nash Ramírez¹, Fred Chu-Koo^{2,3} & Luis Mori-Pinedo^{1,3}

¹Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela de Biología. Departamento de Hidrobiología.
E-mail: astridmar22@hotmail.com

²Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC. Laboratorio de Bromatología, Limnología y Hematología

³Escuela de Post-Grado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Cátedra CONCYTEC en Acuicultura.

INTRODUCCIÓN

El paco (*Piaractus brachypomus*) es una especie omnívora con tendencia frugívora (Piedade *et al.* 2006) oriunda de la cuenca amazónica (Saint-Paul 1986) que al igual que la gamitana (*Colossoma macropomum*), ha sido priorizada para fines piscícolas en los países de la cuenca amazónica, debido a su baja exigencia nutricional (proteína dietaria entre 18 a 32% con alta asimilación de proteínas y lípidos de origen vegetal), rusticidad, buen crecimiento y rápida adaptación a condiciones de cultivo (Deza *et al.* 2002, Rebaza *et al.* 2002, Ayllón & Payahua 2003, Carrasco & Manrique 2006, Santis *et al.* 2004, Mesa-Granda & Botero-Aguirre 2007, Machuca & Poquioma 2008, Gutiérrez *et al.* 2009). Esta especie es ampliamente cultivada en casi todos los países de la cuenca amazónica, constituyendo la principal especie nativa de cultivo en volúmenes de producción en Colombia (Santis *et al.* 2004) e incluso ha sido introducida a otros países de Latinoamérica y los Estados Unidos (Saint-Paul 1986, Lochmann *et al.* 2009).

Desde la década de 1970, cuando se inician las primeras experiencias de cultivo de especies amazónicas en el Perú, ésta actividad ha sido vista como una rápida fuente proveedora de proteína animal para fines de seguridad alimentaria de la población indígena y rural más pobre esparcida en dicho territorio (Alcántara & Colace 2001). Debido a los avances en investigación y transferencia de tecnologías, al crecimiento poblacional y a la cada vez más notoria escasez de pescado proveniente del medio natural en los mercados de las ciudades

amazónicas, la piscicultura pasó a convertirse en una actividad productiva de creciente expansión en el territorio amazónico peruano, fuente importante de generación de empleo y renta para la población (Chu-Koo & Alcántara 2007).

Una de las claves del éxito en piscicultura radica en las buenas prácticas de manejo, que implica evitar exponer a los animales a situaciones estresantes que afecten sus normales tasas de crecimiento y/o deriven en enfermedades, con el consiguiente incremento en el costo en alimentación y de manutención general del cultivo.

Tradicionalmente, los estanques excavados en tierra y los denominados estanques “tipo presa” (donde se construye un dique o muro para represar un manantial o un riachuelo) son los sistemas de cultivo más difundidos en la piscicultura amazónica. Sin embargo, este tipo de estanques necesitan suelos de alta retención de agua y de pendientes suaves para poder ser construidos y bien manejados. A medida que las tecnologías de cultivo y de alimentación de organismos acuáticos se intensifican y que la acuicultura como actividad productiva crece a nivel mundial, se hace evidente que habrá menos terrenos apropiados disponibles por lo que ésta se expandirá a lugares donde no existan suelos o topografía adecuada para la construcción de los sistemas tradicionales de cultivo, haciendo uso de nuevas tecnologías, equipos y materiales.

En ese contexto, se hace necesario evaluar la aplicación de nuevos materiales tecnológicos como las geomembranas que por su impermeabilidad, fácil manipulación y durabilidad se convierten en una alternativa viable que podría facilitar la práctica de la piscicultura semi-intensiva e intensiva en terrenos pedregosos, arenosos y/o de poca capacidad de retención de agua. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de dos ambientes de cultivo (T1: estanques de tierra y T2: estanques revestidos con geomembranas) en el potencial de crecimiento, la conversión alimenticia y la sobrevivencia de juveniles de paco.

METODOLOGÍA

Localización del estudio.

El estudio se realizó en seis estanques de piscicultura construidos en un predio con predominancia de suelos arenosos, localizado en el eje carretero Iquitos-Nauta, aproximadamente a 12.5 Km. de la ciudad de Iquitos (Perú). Cada uno de los seis estanques utilizados tuvo un área de 500 m² (50 m x 10 m); tres de ellos fueron revestidos con una cobertura de geomembranas sintéticas del tipo HDPV (Tratamiento 2) y los tres

estanques restantes no fueron recubiertos con este material (Tratamiento 1).

Origen de los peces.

Un total de 3 000 ejemplares juveniles de *P. brachypomus* de $78,2 \pm 5,3$ g de peso promedio, obtenidos por reproducción artificial y provenientes del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), fueron sembrados en lotes de 500 ejemplares por cada estanque (1 pez/m²), densidad de cultivo que se mantuvo hasta el final del estudio.

Alimentación de los peces.

Los peces fueron alimentados dos veces por día (8:30 y 16:00 h), con una dieta extrusada cuya composición nutricional fue la siguiente: 25% de proteína bruta, 3.75% de lípidos, 2.55% de fibra, 8,36% de cenizas, 49,3% de carbohidratos y 2 600 Kcal/Kg. de energía digestible. La tasa de alimentación diaria fue equivalente al 5% de la biomasa existente en cada estanque durante los primeros 30 días y del 3% los 120 días restantes.

Calidad de Agua.

Dos veces por día se registró la temperatura del agua, pH, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto con un medidor multiparámetros, MPS556 (YSI Technologies, USA). Quincenalmente se evaluaron los niveles de amonio, nitrito, CO₂, alcalinidad y dureza total del agua de los estanques con un kit AQ-2 (Lamotte).

Índices Zootécnicos.

Al final del estudio se evaluó la ganancia de peso (GP), ganancia de peso diario (GPD), índice de conversión alimenticia aparente (ICAA), tasa de crecimiento específico (TCE), tasa de crecimiento relativo (TCR), factor de condición (K), eficiencia alimenticia (EA) y sobrevivencia (%S). Los datos del cultivo fueron analizados mediante la Prueba de *t* de Student ($P>0.05$) con la ayuda del software JMP versión 4.1.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de agua.

Los parámetros físicos y químicos del agua registrados en los dos tipos de ambientes de cultivo difieren entre sí, pero en líneas generales la calidad del agua de ambos sistemas se encuentra dentro del rango

aceptable para el cultivo del paco (Tabla I). Una de las principales limitantes al uso de geomembranas en zonas tropicales es la idea generalizada de que el empleo de este tipo de materiales genera una mayor acumulación de calor en los estanques, lo que incrementaría desmedidamente la temperatura del agua que obviamente repercutiría negativamente en el crecimiento de los peces y serían causales de elevados niveles de mortandad en el cultivo.

Tabla I. Parámetros de calidad de agua registrados en dos tipos de ambientes utilizados para el cultivo de paco (*P. brachypomus*) en el eje carretero Iquitos – Nauta, Loreto, Perú.

PARÁMETROS	VALORES	
	T1	T2
Temperatura (°C)	29.1	29.7
Oxígeno Disuelto (mg/l)	5.9	6.2
pH	7.5	7.7
CO ₂ (mg/l)	3.4	1.9
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	74.2	36.5
Dureza Total (mg/l)	20.3	10.2
Alcalinidad Total (mg/l)	30.3	18.8
Amonio (mg/l)	0.2	0.3
Nitritos (mg/l)	<0.05	<0.05

En el presente estudio, la temperatura en los estanques revestidos con geomembranas fueron efectivamente más elevados en comparación a los estanques de tierra; sin embargo, las diferencias termales promedio de las aguas de los estanques de ambos tratamientos no superaron los 0.6 °C, no produciéndose tampoco altas tasas de mortalidad en el cultivo, lo que descartaría de plano las especulaciones previas.

Las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua fueron ligeramente más elevadas en los estanques revestidos con geomembranas que en los ambientes tradicionales de cultivo de gamitana posiblemente debido a que el revestimiento con geomembranas brinda varias ventajas, entre ellas, una mayor estabilización del volumen de agua, mayor protección contra la erosión de los muros y diques, y la reducción de pérdidas del volumen de agua por filtración. Otro hecho que pudo haber repercutido en una mayor producción de oxígeno es que la baja turbidez del agua de dichos estanques facilitó una mayor entrada de luz que activó una mayor producción planctónica y la producción de oxígeno, producto de la actividad fotosintética del fitoplancton.

Desempeño Productivo (Crecimiento).

Al finalizar el estudio, los peces cultivados en los estanques revestidos con geomembranas mostraron una notable superioridad en cuanto al peso final, ganancia de peso, ganancia de peso diario, tasa de crecimiento específico y tasa de crecimiento relativo según el *t* de Student aplicado ($P < 0.05$), en comparación a los peces cultivados en los estanques de tierra (Tabla 2).

No se registró diferencias significativas en los índices de conversión de alimento aparente, factor de condición y eficiencia alimenticia ($P > 0.05$) y la sobrevivencia de los animales fue mayor al 90%, nivel que no es sorprendente en esta especie, pues ha sido reportada por otros autores (Deza *et al.* 2002, Rebaza *et al.* 2002).

A pesar del bajo aporte proteico del alimento extruído, los niveles de ganancia de peso (611.8 g) obtenidos en el T2 son realmente interesantes considerando el corto tiempo de cultivo (5 meses) y comparativamente son similares a los obtenidos por Castro *et al.* (2002) en el EMBRAPA -Brasil y superiores a los niveles de crecimiento reportados por otros estudios en paco realizados en estanques de tierra (Deza *et al.* 2002, Rebaza *et al.* 2002, Ayllón & Payahua 2003, Carrasco & Manrique 2006). Aparentemente se logró una buena conversión y eficiencia alimenticia durante el periodo de estudio.

Tabla II. Parámetros de crecimiento (promedio $\pm$ DS) de paco (*P. brachypomus*) cultivados en estanques de tierra y estanques recubiertos con geomembranas.

Variables	TRATAMIENTOS		
	T1 Tierra	T2 Geo- membranas	Valor de P
Peso Inicial (g)	72.9 $\pm$ 5.9	70.6 $\pm$ 3.2	n.s.
Peso Final (g)	465.0 $\pm$ 48.4	682.4 $\pm$ 31.7	0.0060
Ganancia de Peso (g)	392.1 $\pm$ 43.1	611.8 $\pm$ 28.5	0.0085
Ganancia de Peso Diario (g/día)	2.6 $\pm$ 0.3	4.1 $\pm$ 0.2	0.0085
Conversión Alimenticia	1.68 $\pm$ 0.1	1.52 $\pm$ 0.1	n.s.
Tasa de Crecimiento Específico (% g/día)	1.24 $\pm$ 0.03	1.51 $\pm$ 0.0	0.0011
Tasa de Crecimiento Relativo (%)	526.9 $\pm$ 33.3	766.4 $\pm$ 33.6	0.0043
Factor de Condición (K)	2.3 $\pm$ 0.04	2.3 $\pm$ 0.03	n.s.
Eficiencia Alimenticia	0.60 $\pm$ 0.1	0.66 $\pm$ 0.03	n.s.

Analizando los datos de la Tabla II podemos ver que al cabo de los 150 días de cultivo, los peces del T2 ganaron en promedio 67.9% más en

peso vivo que los peces del T1, siendo todos alimentados con la misma dieta, tasa y frecuencia de alimentación, una diferencia importante entre ambos grupos, que revela entonces un efecto del ambiente de cultivo en el desempeño productivo del paco. Un aspecto peculiar a tomar en cuenta en las aguas del T2, fue la abundante producción planctónica, la cual se hizo evidente a partir de la coloración verde intensa observada en los estanques recubiertos con geomembranas. Dicho esto y conociendo la biología alimenticia de la especie, podemos afirmar que el plancton se constituyó en un ítem alimenticio suplementario en este tratamiento.

Con el peso final individual de producción obtenido en el T2 se puede calcular que mediante este sistema se podría obtener hasta 6.8 ton de pescado/ha en una campaña de 5 meses, es decir, que en poco más de un año se podría obtener hasta dos campañas con una producción total de 13.6 ton/ha de pescado, un resultado bastante interesante y similar al reportado por Castro *et al.* (2002) en Brasil, criando gamitanas en estanques pero a una densidad mayor (1.2 peces/m²) y contando con el refuerzo de paletas aireadoras para el suplemento de oxígeno disuelto en los estanques de cultivo.

A modo de conclusión, podemos decir que el uso de las geomembranas sintéticas no repercute negativamente en la calidad del agua y mucho menos en el crecimiento del paco, habiéndose demostrado que el pez tiene mejor rendimiento productivo que en los estanques de cultivo tradicionales (tanques excavados en tierra). En base a estos resultados preliminares, se concluye que técnicamente es viable el uso de este tipo de materiales principalmente en terrenos arenosos, pedregosos y/o de poca capacidad de retención de agua, recomendándose realizar evaluaciones de la relación costo/beneficio de la aplicación de esta tecnología en la piscicultura amazónica.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) por el financiamiento total del estudio y la subvención de las becas de tesis para los dos primeros autores. A la empresa Selva Amazon Breeder SAC por el apoyo logístico concedido.

REFERENCIAS

Ayllón, Z. & Payahua, J. 2003. Uso de la harina de pijuayo (*Bactris gasipaes* H.B.K.1815), en la alimentación del paco (*Piaractus brachipomus*, Cuvier

- 1818), criado en ambientes controlados. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 63 p.
- Alcántara, F. B. & Colace, M. 2001. Piscicultura. Seguridad alimentaria y desarrollo en la Carretera Iquitos – Nauta y el río Tigre. Valorando y preservando nuestros peces amazónicos. Editorial Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 83p.
- Carrasco, P. & Manrique, Z. 2006. Efecto del ensilado biológico de vísceras de pescado en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de paco *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818 (Pisces – Serrasalminidae), criados en jaulas flotantes. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 78p.
- Chu-Koo, F. W & Alcántara, F. B. 2007. De la selva su acuicultura. Sobre los avances en acuicultura en la Amazonía peruana y las oportunidades de Inversión. *Perú Económico*, 30 (1):11-12.
- Deza, S.; Quiroz, S.; Rebaza, M. & Rebaza, C. 2002. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) "paco" en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amazónica*, 13(1-2):49-64.
- Lochmann, R; Chen, R.; Chu-Koo F. W.; Camargo, W. C. & Kohler, C. C. 2009. Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and non-specific immune response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(1):33-44.
- Machuca, J. & Poquioma, P. 2008. Utilización de la harina de lenteja de agua, *Lemna* sp. (Lemnaceae) en la alimentación de alevinos de paco *Piaractus brachypomus* y pacotana *Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 101p.
- Mesa-Granda, M. N. & Botero-Aguirre, M. C. 2007. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para manejo genético. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(1):79-86.
- Piedade, M. T. F.; Parolin, P. & Junk, W. G. 2006. Phenology, fruit production and seed dispersal of *Astrocaryum jauari* (Arecaceae) in Amazonian black water floodplains. *International Journal of Tropical Biology*, 54 (4):1171-1178.
- Rebaza, C.; Villafana, E.; Rebaza, M. & Deza, S. 2002. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* "paco" en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales. *Folia Amazónica*, 13(1-2):121-134.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, 54: 205-240.

Santis, H. P.; Molina, D. P.; Gómez, J. B. & Ángel, M. O. 2004. Análisis de la variación genética en *Piaractus brachypomus* (Pisces, Characidae) en estaciones piscícolas colombianas mediante RAPD. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17 (suplemento):17-23.

RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LA GAMITANA (*Colossoma macropomum*) CULTIVADA EN ESTANQUES CON Y SIN REVESTIMIENTO DE GEOMEMBRANAS EN LA AMAZONÍA PERUANA

Astrid Dañino Pérez², Omar Nash Ramírez¹, Fred Chu-Koo^{2,3}

¹Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Facultad de Ciencias Biológicas. Escuela de Biología
E-mail: astridmar22@hotmail.com

²Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC. Laboratorio de Bromatología, Limnología y Hematología

³Escuela de Post-Grado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Cátedra CONCYTEC en Acuicultura.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la piscicultura de especies amazónicas en el Perú ha dejado de ser vista como proveedora de proteína animal para fines de seguridad alimentaria de la población indígena y rural más pobre y se ha convertido en una actividad productiva de gradual expansión en el territorio amazónico de dicho país y sobre todo de constante crecimiento económico y generación de empleo (Chu-Koo & Alcántara 2007).

Las claves del éxito del proceso productivo en piscicultura radican en una adecuada alimentación y en las buenas prácticas de manejo de los peces, que implica evitar exponer a los animales a situaciones estresantes que afecten sus normales tasas de crecimiento y/o deriven en enfermedades, con el consiguiente incremento en el costo en alimentación y de manutención general del cultivo.

La gamitana (*Colossoma macropomum*) es una especie oriunda de la cuenca amazónica (Saint-Paul 1986) que desde las décadas de los 1980-1990s ha sido priorizada para fines piscícolas considerando su baja exigencia nutricional (proteína dietaria entre 18 a 32% con alta asimilación de proteínas y lípidos de origen vegetal), rusticidad, buen crecimiento y rápida adaptación a condiciones de cultivo (Eckmann 1987, Merola & Cantelmo 1987, Merola & Pagánt-Font 1988, Merola & De Souza 1988, Hancz 1993).

Esta especie es cultivada en casi todos los países de la cuenca amazónica y ha sido incluso introducida a países como Cuba, Estados Unidos, Panamá, Honduras y Costa Rica (Saint-Paul 1986, Teichert-

Coddington 1996, Lochmann *et al.* 2009). Según estadísticas oficiales, la producción de gamitana ha crecido paulatinamente desde el año 2002 y constituye por sí sola poco más del 77% del total de especies amazónicas producidas en piscicultura en el Perú en el año 2008, siendo la producción piscícola de especies amazónicas de ese año, superior en un 53% a lo producido en el 2005 (PRODUCE 2009).

A medida que las tecnologías de cultivo y alimentación de organismos acuáticos se intensifican y que la acuicultura como actividad productiva crece a nivel mundial, se hace evidente que con el tiempo habrá menos terrenos apropiados para esta actividad, por lo que ésta, se expandirá a lugares donde no existan suelos adecuados (arcillosos y arcillosos-arenosos) para la construcción de los sistemas tradicionales de estanques de cultivo.

En ese contexto, se hace necesario evaluar la aplicación de nuevos materiales tecnológicos como las geomembranas que por su impermeabilidad y durabilidad se convierten en una alternativa real que podría facilitar la práctica de la piscicultura semi-intensiva e intensiva en terrenos pedregosos, arenosos y/o de poca capacidad de retención de agua.

El presente trabajo tuvo como objetivos determinar el efecto de dos ambientes de cultivo (T1: estanques de tierra y T2: estanques revestidos con geomembranas) en el potencial de crecimiento, la conversión alimenticia y la sobrevivencia de la gamitana.

METODOLOGÍA

Localización del estudio

El estudio se realizó en seis estanques de piscicultura construidos en un predio con predominancia de suelos arenosos, localizado en el eje carretero Iquitos-Nauta, aproximadamente a 12,5 Km. de la ciudad de Iquitos (Perú). Cada uno de los seis estanques utilizados tuvo un área de 500 m² (50 m x 10 m); tres de ellos fueron revestidos con una cobertura de geomembranas sintéticas del tipo HDPV (Tratamiento 2) y los tres estanques restantes no fueron recubiertos con este material (Tratamiento 1).

Origen de los peces

Un total de 3 000 ejemplares juveniles de la especie gamitana de $78,2 \pm 5,3$ g de peso promedio, obtenidos por reproducción artificial y provenientes del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), fueron sembrados en lotes de 500 ejemplares por cada estanque

(1 pez/m²), densidad de cultivo que se mantuvo hasta el final del estudio.

Alimentación de los peces

Los peces fueron alimentados dos veces por día (8.30 y 16.00 h), con una dieta extrusada con 25% PB y 2.6 Mcal/kg de energía digestible. La tasa de alimentación diaria fue equivalente al 5% de la biomasa existente en cada estanque durante los primeros 30 días y del 3% los 120 días restantes.

Calidad de Agua

Dos veces por día se registró la temperatura del agua, pH, sólidos totales disueltos, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto con un medidor multiparámetros, MPS556 (YSI Technologies, USA). Quincenalmente se evaluaron los niveles de amonio, nitrito, CO₂, alcalinidad y dureza total del agua de los estanques con un kit AQ-2 (Lamotte).

Índices Zootécnicos

Al final del estudio se evaluó la ganancia de peso (GP), ganancia de peso diario (GPD), índice de conversión alimenticia aparente (ICAA), tasa de crecimiento específico (TCE), tasa de crecimiento relativo (TCR), factor de condición (K), eficiencia alimenticia (EA) y sobrevivencia (%S). Los datos del cultivo fueron analizados mediante la Prueba de *t* de Student (*P*>0.05) con la ayuda del software JMP versión 4.1.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de agua

Una de las principales críticas al uso de geomembranas en zonas tropicales es la generalizada sospecha de que el empleo del material generaría una mayor acumulación de calor en los estanques, generando así, niveles excesivos de calentamiento del agua que de hecho repercutiría negativamente en el crecimiento de los peces y serían posibles causales de elevados niveles de mortandad en el cultivo. En el presente estudio, los valores de temperatura en los estanques revestidos con geomembranas fueron más elevados en comparación a los estanques de tierra; sin embargo, la diferencia de temperatura entre tratamientos no fue siquiera mayor a 1 °C y no hubo mortandad en todo

el periodo de estudio, lo que en la práctica descartaría dichas especulaciones.

Al contrario de lo que sucedió con la temperatura, las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua fueron ligeramente más elevadas en los estanques revestidos con geomembranas que en los ambientes tradicionales de cultivo de gamitana posiblemente debido a que el revestimiento con geomembranas brinda varias ventajas, entre ellas, una mayor estabilización del volumen de agua, mayor protección contra la erosión de los muros y diques, y la reducción de pérdidas del volumen de agua por filtración. Otro hecho que pudo haber repercutido en una mayor producción de oxígeno es que la baja turbidez del agua de dichos estanques facilitó una mayor entrada de luz que activó la producción de oxígeno producto de la actividad fotosintética del fitoplancton.

Los parámetros de calidad de agua registrados en ambos tratamientos (ambientes) se encuentran dentro del rango considerado aceptable para el cultivo de especies como paco y gamitana (Tabla I).

Tabla I. Parámetros de calidad de agua registrados en dos tipos de ambientes utilizados para el cultivo de gamitana (*C. macropomum*) en el eje carretero Iquitos – Nauta, Loreto, Perú.

PARÁMETROS	VALORES	
	T1	T2
Temperatura (°C)	29.2	29.9
Oxígeno Disuelto (mg/l)	5.6	6.3
pH	7.6	7.9
CO ₂ (mg/l)	4.6	1.7
Conductividad Eléctrica (μS/cm)	76.9	34.9
Sólidos Totales Disueltos (g/l)	0.05	0.02
Dureza Total (mg/l)	19.5	7.6
Alcalinidad Total (mg/l)	28.3	17.6
Amonio (mg/l)	0.3	0.3
Nitritos (mg/l)	< 0.05	< 0.05

Desempeño Productivo (Crecimiento)

Al finalizar el estudio, los peces cultivados en los estanques revestidos con geomembranas mostraron una notable superioridad en cuanto a ganancia de peso, ganancia de peso diario, tasa de crecimiento específico y tasa de crecimiento relativo ($P<0.05$) en comparación a los peces cultivados en los estanques de tierra (Tabla II).

Los valores de índice de conversión de alimento aparente, factor de condición y eficiencia alimenticia sin embargo, no mostraron diferencias significativas ($P>0.05$) y la sobrevivencia de los animales fue de 100%, nivel que no es sorprendente en esta especie, pues anteriormente ha sido reportada por otros autores (Padilla *et al.* 2000, Chagas & Val 2003).

Tabla II. Parámetros de crecimiento (promedio $\pm$ DS) de gamitana cultivada en estanques de tierra y estanques recubiertos con geomembranas.

Variables	TRATAMIENTOS		Valor de P
	T1	T2	
	Tierra	Geomembranas	
Peso Inicial (g)	76.1 $\pm$ 4.5	80.2 $\pm$ 6.1	0.4495
Peso Final (g)	592.8 $\pm$ 39.0	797.4 $\pm$ 6.8	0.0060
Ganancia de Peso (g)	516.7 $\pm$ 34.8	717.2 $\pm$ 12.9	0.0050
Ganancia de Peso Diario (g/día)	3.4 $\pm$ 0.2	4.8 $\pm$ 0.1	0.0050
Conversión Alimenticia	1.4 $\pm$ 0.1	1.4 $\pm$ 0.0	0.8068
Tasa de Crecimiento Específico (% g/día)	1.37 $\pm$ 0.02	1.53 $\pm$ 0.1	0.0144
Tasa de Crecimiento Relativo (%)	678.5 $\pm$ 17.5	897.9 $\pm$ 84.4	0.0179
Factor de Condición (K)	2.13 $\pm$ 0.03	2.19 $\pm$ 0.01	0.0713
Eficiencia Alimenticia	0.70 $\pm$ 0.05	0.71 $\pm$ 0.01	0.8727

Los niveles de ganancia de peso (712,2 g) y conversión alimenticia obtenidos en el T2 son realmente interesantes considerando el corto tiempo de cultivo (5 meses) y comparativamente son similares a los obtenidos por Castro *et al.* (2002) en el EMBRAPA - Brasil y superiores a los niveles de crecimiento reportados por otros estudios realizados en estanques de tierra (Hancz 1993, Deza *et al.* 2002, Rebaza *et al.* 2002) e incluso en jaulas flotantes (Gomes *et al.* 2006, Soberón *et al.* 2007) y sistemas de recirculación (Lochmann *et al.* 2009).

Un dato interesante es que al cabo de los 150 días de cultivo, los peces del T2 ganaron en promedio un 77,34% más en peso vivo que los peces del T1, siendo todos alimentados con la misma dieta y con las mismas tasas y frecuencias de alimentación, una diferencia realmente grande entre ambos grupos, que revela entonces un efecto significativo del ambiente de cultivo en el desempeño productivo de la especie. Un aspecto peculiar a tomar en cuenta en las aguas del T2, fue la abundante producción planctónica, la cual se hizo evidente a partir de la coloración verde intensa observada en los estanques recubiertos con geomembranas. Dicho esto y conociendo la biología alimenticia de la especie, podemos afirmar que el plancton se constituyó en un ítem alimenticio suplementario en este tratamiento.

Con el nivel de producción obtenido en el T2 se podría obtener 7.9 ton de pescado/ha por campaña de 5 meses, es decir, que en el lapso de un año se podría obtener hasta dos campañas con una producción total de 15,8 ton/ha, un resultado similar al reportado por Castro *et al.* (2002) en Brasil, criando gamitanas en estanques a una densidad de 1,2 peces/m² y el refuerzo de paletas aireadoras.

A modo de conclusión, podemos decir que el uso de las geomembranas sintéticas no repercute negativamente en la calidad del agua y mucho menos en el crecimiento de la gamitana ya que se ha demostrado que tienen un mejor rendimiento productivo que en los estanques de cultivo tradicionales (tanques excavados en tierra). La gamitana demostró buena adaptación al nuevo ambiente de cultivo. En base a estos resultados preliminares, se abre una puerta para el uso de este tipo de materiales principalmente en terrenos arenosos, pedregosos y/o de poca capacidad de retención de agua.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) por el financiamiento total del estudio y la subvención de las becas de tesis para los dos primeros autores.

REFERENCIAS

Castro, A. L.; de Souza, N. H. & Barros, L. C. G. 2002. Avaliação do sistema de produção de tambaqui intensivo em viveiro de terra com aeração. Comunicado Técnico 09. EMBRAPA. Aracaju, SE.Brasil. 3pp.

- Chagas, E. & Val, A. 2003. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesq. Agropec. Brás.*, 38(3):397-402.
- Chu-Koo, F. W & Alcántara, F.B. 2007. De la selva su acuicultura. Sobre los avances en acuicultura en la Amazonía peruana y las oportunidades de Inversión. *Perú Económico*, 30 (1):11-12.
- Deza, S.; Quiróz, S.; Rebaza, M. & Rebaza, C. 2002 Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) "paco" en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amazónica*, 13(1-2):49-64.
- Eckmann, R. 1987. Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier 1818 (Characoidei) feeding on artificial diets. *Aquaculture*, 64(4):293-303
- Gomes, L.C.; Chagas, E.C.; Martins-Junior, H.; Roubach, R.; Ono, E.A.; & Lourenço, J.N.P. 2006. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture*, 253(1-4):374-384.
- Lochmann, R; Chen, R.; Chu-Koo F. W.; Camargo, W. C. & Kohler, C. C. 2009. Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and non-specific immune response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(1):33-44.
- Merola, N. & Cantelmo, O. A. 1987. Growth, feed conversion and mortality of cage reared tambaqui, *Colossoma macropomum*, fed various dietary feeding regimes and protein levels. *Aquaculture*, 66(3-4): 223-233.
- Merola, N. & de Souza, H. 1988. Cage culture of the Amazon fish tambaqui, *Colossoma macropomum*, at two stocking densities *Aquaculture*, 71(1-2):15-21
- Padilla, P.; Alcántara, F. & García, J. 2000. Sustitución de la harina de pescado por ensilado biológico de pescado en raciones para juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*). *Folia Amazónica*, 10(1-2):225-240.
- Produce. 2009. Perú: Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura por ámbito según especie 2000-2008. Anuario Estadístico 2008. Lima, Perú. p118.
- Rebaza, C.; Villafana, E.; Rebaza, M. & Deza, S. 2002. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* "Paco" en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales. *Folia Amazónica*, 13(1-2):121-134.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, 54: 205-240

- Soberón, M. L. E.; Chu-Koo, F. W. & Alcántara, F. B. 2007. Parámetros hematológicos, crecimiento y composición corporal de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados bajo tres densidades de siembra. *Folia Amazónica*, 16(1/2):35-45.
- Teichert-Coddington, D. R. 1996. Effect of stocking ratio on semi-intensive polyculture of *Colossoma macropomum* and *Oreochromis niloticus* in Honduras, Central America. *Aquaculture*, 143(3-4): 291-302

ZUNGARO TIGRINUS *Brachyplatystoma tigrinum* (Britsky, 1981):
NOTAS SOBRE SU CULTIVO EN EL IIAP

Carlos Chávez V.¹, Fernando Alcántara B.¹, Germán Murrieta M.¹, Teddy
Barbarán R.¹, Alfonso Bernuy R.¹, Fred Chu K.¹, Homero Sánchez R.¹,
Salvador Tello M.¹ & Jesús Núñez R.^{2, 3}

¹Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Av. Abelardo
Quiñones Km 2.5, Iquitos, Perú.
E-mail: chavezcarlos72@hotmail.com

²Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR 175, Calle Teruel N° 357,
Lima, Peru.

³Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175-CAVIAR, F-34000
Montpellier, France.

INTRODUCCION

El comercio internacional de peces ornamentales amazónicos procedentes del cultivo ayudará en su conservación. El comercio actual del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (*Merodontotus tigrinus*) está basado en la extracción de ambientes naturales. Esta especie de distribución restringida y de alto valor comercial puede alcanzar un precio de exportación de hasta 600 euros por unidad en el mercado final y superado solamente por la Raya tigre *Potamotrygon* sp. (MOREAU & COOMES 2007).

El objetivo de este trabajo fue, rescatar los conocimientos tradicionales sobre la especie, manejar técnicamente alevinos en condiciones controladas, comparando diferentes dietas, tasas alimenticias y sistemas de cultivo, así como, efectuar observaciones sobre los parásitos que se pueden presentar durante su cultivo.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en la ciudad de Iquitos y en el Centro de Investigaciones Quistococha del IIAP, fueron realizadas entrevistas a los pescadores de peces ornamentales y a los trabajadores de los acuarios de exportación, sobre los conocimientos tradicionales que tenían sobre la especie. El manejo de los alevinos se realizó en dos etapas, la primera duró un mes para tratamiento profiláctico, pre cría y adaptación a las condiciones del acuario, en cajas de madera de 35 x

35 x 10 cm cubiertas con plástico, a razón de 01 pez por caja y alimentados Ad-libitum con otros peces pequeños. Ver fotos 1 y 2.



Fotos 1 y 2. Cajas de madera para la pre-cría de alevinos de zúngaro tigrinus

En la segunda etapa se utilizó 32 alevinos, y se probó dos tipos de alimento (Quironómidos y peces forraje), dos tasas alimenticias (5 y 10 %) y dos sistemas de flujo de agua (semi - estático y continuo), con 4 réplicas para cada caso, durante seis semanas, empleándose el sistema factorial. Los bio-índices medidos fueron ganancia porcentual de peso, ganancia porcentual de longitud, tasa de crecimiento específico, tasa de eficiencia alimenticia, índice de conversión alimenticia aparente, factor de condición y sobrevivencia. Los reportes sobre parasitismo fueron realizados gracias al monitoreo del plantel de reproductores.

RESULTADOS Y DISCUSION

Estudio de crecimiento de alevinos en laboratorio

Se encontró que no hubo diferencias significativas de peso final entre los diferentes tratamientos, sin embargo si existieron diferencias significativas entre las longitudes finales del tratamiento (sistema abierto, alimento con quironomídeos y una tasa del 5%-AQ5), siendo mayor que los demás tratamientos. Del mismo modo, hubo diferencias entre el tratamiento (sistema cerrado, alimento con peces y tasa del 5%-CP5) al ser menor que el AQ5, pero mayor que los demás tratamientos, ver tabla I.

Tabla I. Media y Desviación estándar de pesos y longitudes iniciales y finales promedio de alevinos de zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* manejados en 06 semanas de experimentación bajo la influencia de tres factores y dos niveles experimentales.

Tratamiento	Peso inicial promedio (g)	Peso final promedio (g)	Longitud inicial promedio (cm)	Longitud final promedio (cm)
CQ5	3,15 ± 1,4a	5,32 ± 1,5a	7,63 ± 1,1a	12,65 ± 2,3a
CQ10	2,25 ± 1,5a	5,5 ± 2,4a	6,83 ± 1,8a	13,55 ± 1,5a
CP5	3,2 ± 1,9a	5,82 ± 2,2a	7,55 ± 1,7a	11,28 ± 1,2b
CP10	3,97 ± 1,6a	8,85 ± 3,2a	7,90 ± 1,1a	11,73 ± 0,9a
AQ5	2,87 ± 1,9a	4,7 ± 2,1a	7,68 ± 1,6a	14,18 ± 1,5c
AQ10	3,27 ± 2,3a	7,6 ± 3,4a	8,20 ± 2,8a	13,48 ± 2,3a
AP5	3,9 ± 1,7a	8,25 ± 2,3a	8,15 ± 1,4a	13,05 ± 2,1a
AP10	2,52 ± 1,6a	8,45 ± 2,0a	7,23 ± 1,5a	12,55 ± 2,1a

Cuando se analizaron los demás bio-índices se encontró que el promedio de la ganancia de peso porcentual del tratamiento con flujo continuo, alimentado con peces y 10% de tasa de alimentación superó de forma significativa a los demás, ver figura 1.

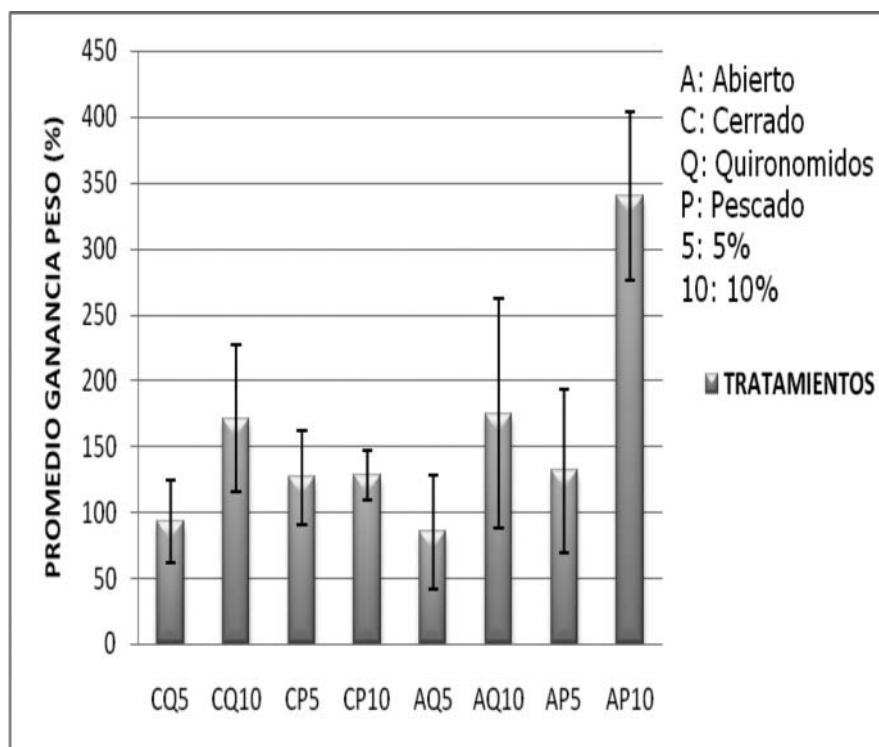


Figura 1: Promedio de la ganancia de peso porcentual de alevinos de zúngaro tigrinus por tratamiento durante 06 semanas.

Calidad de agua para el cultivo de alevinos

Los valores de los principales parámetros físicos y químicos registrados diariamente a las 8.00 am durante las seis semanas de manejo de alevinos de zúngaro tigrinus, se mantuvieron dentro de los rangos normales u óptimos para el cultivo de peces, sin que, se registre diferencias significativas entre los sistemas de manejo.

Los parámetros de calidad de agua registrados, durante el proceso experimental, fueron en promedio para cubetas con flujo continuo $27,88 \pm 0,44$ °C, y para las cubetas con flujo semi-estático $26,13 \pm 0,61$ °C, los cuales guardan similitud a los valores obtenidos por Padilla *et al.* (2006) en el cultivo de *Pseudoplatystoma fasciatum* donde registran valores de $26,4 \pm 0,3$ °C y por Ralph (2006) quién registra valores de cultivo del zúngaro tigrinus entre 22-26 °C, ver tabla II.

Estudios sobre parasitismo y factor de condición

Se determinó que el factor de condición de los adultos y juveniles de zúngaro tigrinus al momento de su captura en el medio natural llega a 0.78, el cual se ve reducido (0,43-0,56) por la infestación en cautiverio de *Argulus pestifer*, con una prevalencia de 100% e intensidad de parasitismo de 12-30 parásitos por individuo (N=26). Malta (1983) reporta un alto grado de especificidad parasitaria de *A. pestifer*, para un único género de peces, *Pseudoplatystoma* y dos especies *P. tigrinum* y *P. fasciatum*. Asimismo, este parásito presenta una alta preferencia por la región cefálica, confirmando lo reportado por Malta (1983) y Malta & Varela (2000), ver fotos 3-5.

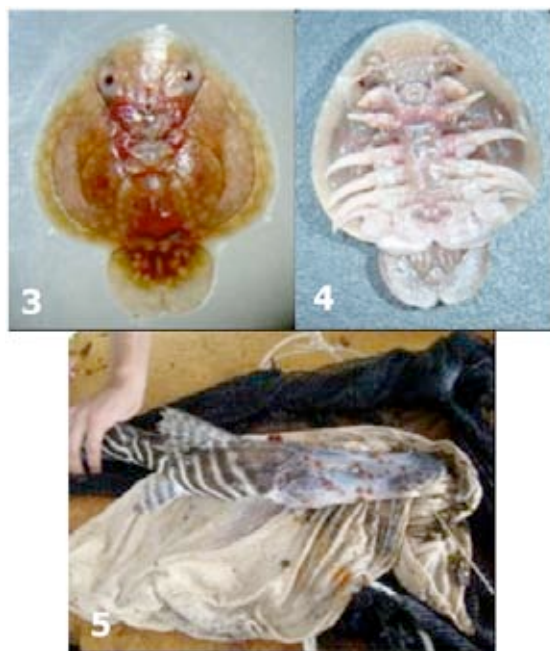
Tabla II. Valores, máximo, mínimo, promedio y desviación estándar de los principales parámetros físicos y químicos de los sistemas de manejo de alevinos de zúngaro tigrinus, registrados diariamente a las 8.00 am durante 6 semanas

Variable	Sistema Flujo continuo	Sistema de Flujo semi-estático
T mayor (°C)	28,76	27,17
T menor (°C)	27,06	25,20
T promedio (°C)	27,88 ± 0,44	26,13 ± 0,61
pH mayor	6,70	6,74
pH menor	5,89	5,81
pH promedio	6,41 ± 0,29	6,43 ± 0,33
O ₂ mayor (mg/l.)	6,69	6,92
O ₂ menor (mg/l.)	5,96	6,25
O ₂ promedio (mg/l.)	6,36 ± 0,20	6,63 ± 0,18

Conocimientos tradicionales

El período de reproducción comprende los meses de octubre a marzo, con un pico de mayor incidencia en el mes de diciembre, vive preferentemente en los cauces principales de los grandes ríos, entre palizadas y rápidas corrientes de agua, con promedios de 1.8 m/s, baja transparencia, que puede llegar a 30 cm, alta disponibilidad de oxígeno disuelto (5 mg/l), temperatura promedio de 26,7°C y pH 7.

En estas zonas llamadas "muyunas" del río o "costa brava", los pescadores capturan los alevinos y adultos. Se usa redes bolicheras de doble paño con varios kilos de plomo, con modalidad de arrastre y ¼ de pulgada de malla, maniobrando desde la embarcación principal y la embarcación auxiliar con la ayuda de motores peque peque, tal como fue reportado por APPOLI (2008).



Fotos 3-5. Parásito *Argulus pestifer* (3 : dorsal, 4: ventral) y su preferencia de infestación en zúngaro tigrinus (5).



Foto 6. Demarcación de territorio de zúngaro tigrinus en el estanque de cultivo.

Con relación a su distribución geográfica, la mayor zona de pesca se concentra en el río Amazonas, en las cercanías de Iquitos, aunque Sánchez (2008), reportó su presencia en el Pongo de Manseriche, en el río Marañón. Es importante mencionar que los pescadores recurren a la captura de esta especie cuando el río comienza a subir su nivel de agua, llegando a tener una alta cantidad de sedimentos, una conductividad promedio de $194,7 \mu\text{S cm}^{-1}$ y profundidades medias de captura de 6 m.

Territorialidad

Se observó este comportamiento en los adultos de zúngaro tigrinus, durante dos semanas luego de tres días de haber sido colocados en el estanque, la coloración del agua influyó para observaciones posteriores a días observados, ver foto 6.

Perspectivas

Creemos que los avances logrados permitirán un manejo adecuado de los alevinos que se puedan obtener por reproducción inducida de esta especie, promoviendo así su conservación en la Amazonía peruana.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto "Reproducción inducida, manejo de alevinos y uso sostenible del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) en la Amazonía peruana" ejecutado por el IIAP, el IRD, OAF y el financiamiento de INCAGRO.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asociación de Pescadores de Peces Ornamentales de Loreto – Iquitos (APPOLI). 2008. Programa de Manejo Pesquero de alevinos de las especies "tigrinus" *Merodontotus tigrinus* y "zúngaro alianza" *Brachyplatystoma juruense*. Base Legal: RM. 426-2003-PRODUCE.
- SÁNCHEZ, H. 2008. Reporte sobre la ictiofauna del alto Marañón. IIAP. Informe interno. 12 p.
- MALTA, J.C.O., 1983. Os argulídeos (Crustacea: Branchiura) da Amazônia Brasileira. 4. Aspectos da ecologia de *Argulus multicolor* Stekhoven, 1937 e A. pestifer Ringuelet, 1948. Acta Amazonica, 13(2):489-496.
- MALTA, J.C.O., & VARELA, A.M.B. 2000. *Argulus chicomendesi* sp. (Crustacea: Argulidae) Parasita de peixes da Amazonia Brasileira. Acta amazonica 30 (1): 481 – 498.

- MOREAU, MARIE-ANNICK and COOMES, OLIVER T. (2007). Aquarium fish exploitation in western Amazonia: conservation issues in Peru. *Environmental Conservation*, **34**, pp 12-22
- PADILLA, P.; DUGUE, R.; ISMIÑO, R.; ALCÁNTARA, F. & CHU-KOO, F. 2006. Efectos del horario de alimentación en el rendimiento y sobrevivencia de larvas de doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*) p. 205-208. In: Primer coloquio de la Red de investigación sobre la Ictiofauna Amazónica (RIIA), Editores J.F. Renno, J. Núñez, C. García Dávila y F. Duponchelle, Iquitos, 27 de junio-1 de julio, Perú.
- RALPH C, 2006. Página Web: http://www.scotcat.com/factsheets/brachyplatystoma_tigrinum.htm (Accesado el 16-06-08)

CARACTERIZACIÓN DE UN ALIMENTO TIPO PARA *Apistogramma* sp.

Catalina Díaz¹, Jesús Núñez^{1,2}, Fabrice Duponchelle^{1,2}, Jean-François Renno^{1,2} & Susana Sirvas¹

¹Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV-FOPCA), Calle Roma 350, Miraflores, Lima, Perú.
E-mail: cattydiaz@hotmail.com

²Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR 175 - CAVIAR, GAMET, BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France

INTRODUCCIÓN

El género *Apistogramma* revisado por Kullander (1986), incluye a más de 40 especies; Ruiz *et al.* (2003) citado por Ismiño & Padilla (2006), indican que en la amazonía peruana este género está representado por 15 especies -constituyen el 1,5% del volumen total de captura de peces ornamentales- con un gran potencial para su cultivo en ambientes controlados; esto implica además de conocer acerca de la biología, contar con alimentos que cubran sus requerimientos nutricionales (Torreterra & Tacon 1989) y que resulten costeables; factores que limitan el desarrollo de cultivos sustentables.

Para formular un alimento es necesario conocer la fisiología digestiva de la especie, base para establecer sus requerimientos nutricionales, a su vez, la disponibilidad de materias primas, su composición química y digestibilidad (García 1987). Al respecto, Neil (2002) indica que siendo los apistogrammas peces omnívoros, como muchos peces tropicales de agua dulce, este cíclido puede requerir alto contenido de proteína en sus dietas, de hecho, la dieta en ambiente natural, está compuesta sobre todo de alimento vivo; estudios han mostrado que el contenido del estómago de *Apistogramma* a menudo contiene una combinación de pequeños insectos, larvas de estos y otros pequeños animales, así como detritos. Así también requieren de carbohidratos, grasas poliinsaturadas, vitaminas y minerales. Díaz *et al.* (2006), en el proceso de adaptación, aclimatación y reproducción de *Apistogramma* spp. emplea tanto alimento vivo -*daphnia* o artemia- así como balanceado -seco y húmedo tipo "flan"-.

El presente trabajo tiene como propósito caracterizar un alimento tipo para *Apistogramma* sp., formulado en base a la composición nutricional de un alimento comercial.

METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de química, tecnología de alimentos y acuicultura de la Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias, ubicado en Roma 350, distrito de Miraflores.

Análisis químico del alimento patrón, formulación y elaboración del alimento tipo

Se determinó por triplicado la composición química de un alimento comercial extruido de la marca AZOO, empleando los métodos recomendados por Toledo (1994); con los resultados obtenidos se formuló el alimento tipo "flan" utilizando el *software* LINDO. Para la elaboración se utilizó harina de pescado prime, camarón seco, harina de arroz, lecitina de soya, hidrolizado de colágeno "colapiz", vitaminas y minerales; siguiendo el procedimiento mostrado en la figura 1.

Caracterización del alimento tipo "flan"

Para caracterizar el alimento se realizaron pruebas químicas (análisis proximal), físicas (tiempo de disgregación y hundimiento) y biológicas (palatabilidad, tiempo de consumo y crecimiento).

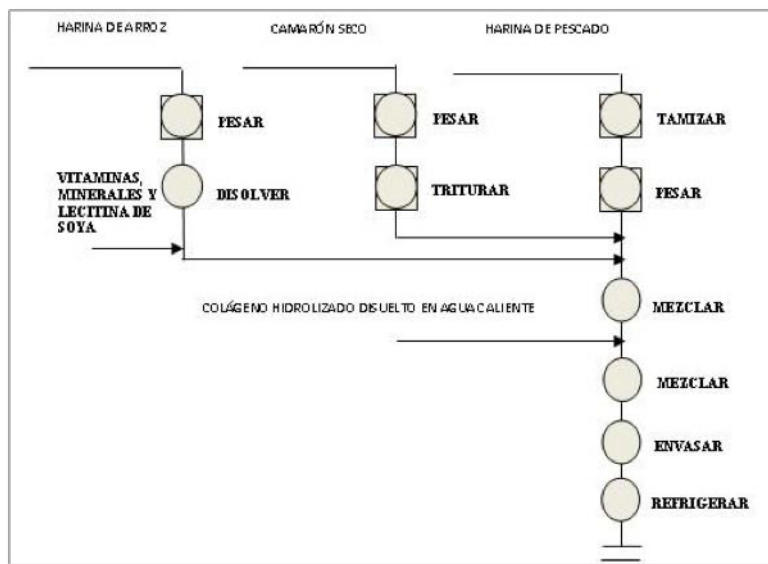


Figura 1. Diagrama para la elaboración de la dieta.

Análisis químico y pruebas físicas

Se efectuaron por triplicado siguiendo la metodología de Toledo, 1994 y Negrete (1990), citada por Hernández (1996).

Prueba de disgregación

Se acondicionó un acuario de 0,60 x 0,30 x 0,30m con agua, aireación constante y regulador de temperatura (termostato), se colocó 06 vasos de precipitados de 250 ml con 200 ml de agua (cada alimento con sus replicados); los alimentos se tamizaron por una malla de 1 mm, se seleccionó 5 gránulos de cada uno y se incorporó a los vasos; con un cronómetro se registró el tiempo de disgregación. La experiencia se realizó a 20,5 y 26,5 °C.

Prueba de palatabilidad, tiempo de consumo y crecimiento

Se seleccionaron 30 apistogrammas con características similares en peso y longitud ($0,21 \pm 0,01g$), durante una semana fueron alimentados con artemia y luego distribuidos aleatoriamente en dos acuarios de 27 litros (con agua reposada, filtro, termostato y aireación constante). Durante 25 días los peces fueron alimentados con sus respectivas dietas (5% de la biomasa) tres veces al día. Durante este tiempo se determinó el tiempo de respuesta (acuden al alimento) y el tiempo que demoran en consumir todo el alimento. Se registró la temperatura (termómetro), el potencial de hidrógeno (potenciómetro), amoníaco y nitritos (colorimetría).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos del análisis químico de los alimentos se muestran en la tabla I. El análisis químico evidenció que el porcentaje proteico del alimento tipo es similar al alimento comercial, aún cuando este contenga 55,25% de humedad.

Respecto al análisis físico se observó que a 26,5°C el alimento comercial se mantuvo estable en el agua durante siete horas; mientras que el alimento húmedo se mantuvo estable por cuatro horas; sin embargo el alimento húmedo fue más apetecible, esto se evidenció con los resultados del ensayo biológico donde se observó una mejor respuesta de los apistogrammas por el alimento húmedo 6.3 ± 0.8 segundos antes del primer consumo. Estos resultados concuerdan con lo referido por Martínez *et.al.* (1987) quienes precisan que los alimentos húmedos, por su textura, son más palatables que los piensos secos.

El hidrolizado de colágeno "colapiz" empleado en la dieta húmeda, mejora la cohesión de los insumos y la estabilidad del alimentos; estos

resultados concuerdan con lo experimentado por Durazo, E. & Viana, M.T. (2001) quienes utilizaron otros aglutinantes como el agar, alginato y carragenano en la elaboración de dietas para abalón.

Tabla I. Formulación del alimento húmedo tipo "flan". Análisis químico de los alimentos. Tiempo de disgregación. Tiempo que acuden al alimento y tiempo que consumo.

	Alimento comercial	Alimento húmedo
Harina de pescado (prime) (%)	-	55,0
Camarón seco (%)	-	23,0
Harina de arroz (%)	-	9,0
Lecitina de soya (%)	-	0,5
Hidrolizado de colágeno (%)	-	12,0
Vitaminas y minerales (%)	-	0,5
Humedad (%)	10,21±0,04	55,25±0,07
Cenizas (%)	4,44±0,05	8,34±0,06
Lípido bruto (%)	5,44±0,003	3,03±0,06
Proteína bruta (%)	33,17± 0,15	33,08±0,14
Carbohidratos (%)	46,72±0,11	0,44±0,18
Tiempo de disgregación a 22,5°C (h:m:s)	24:12:30± 0:00:15	24:08:31± 0:00:15
Tiempo de disgregación a 26,5°C (h:m:s)	7:12:35± 0:00:05 ^a	4:01:40± 0:01:32 ^b
Tiempo que acuden al alimento (segundos)	34,67±0,86 ^a	4,98±0,81 ^b
Tiempo que consumen el alimento (h:m:s)	3:31±00:26 ^a	2:01±00:18 ^a

Tabla II. Longitud y peso promedio, al inicio y al final de la experiencia

CARACTERÍSTICAS	Alimento comercial	Alimento húmedo
Peso inicial (g)	0,205±0.014	0,206±0.016
Peso final (g)	0,206±0.014	0,208±0,017
Incremento Peso (g)	0,001	0,037
Longitud inicial (cm)	2,29±0.185	2,28±0,193
Longitud final (cm)	2,33± 0.199	2,33±0.198
Incremento Longitud (cm)	0,04	0,05

De lo observado en la tabla II, no se existe diferencias en el crecimiento (peso y longitud) lo cual significa que el alimento húmedo cubre las necesidades de igual manera que el alimento comercial, además representa un costo de aproximadamente 5 veces inferior.

REFERENCIAS

- Díaz-Cachay, C., Llontop-Vélez, C., Luis Clemente Sanguinetti, L.C., Muñoz-Landa, M., Melgar Del Risco, J. (2006). Adaptación y reproducción de peces ornamentales amazónicos *Apistogramma* spp. *Pyrrhulina* sp. En: J.F. Renno et al., (ed.) *Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y piscicultura* (pp. 215-221). Iquitos, Perú.
- Durazo, E. & Viana, M.T. (2001). Efecto de la concentración de agar, alginato y carragenano en la estabilidad, dureza y lavado de nutrientes en alimentos balanceados para abalón. *Ciencias Marinas*, Universidad Autónoma de Baja California Ensenada, México 27:1-18.
- García, M. (1987). Formulación de dietas experimentales y piensos comerciales. En: Espinosa de los Monteros & Labarta U. (Ed.) *Alimentación en acuicultura* (23-57). Madrid: CAICYT.
- Hernández, M. (1996). Evaluación del efecto de tres dietas isoproteicas en la sobrevivencia y crecimiento del cangrejo rojo de río *Procambarus clarkii*, en condiciones experimentales en Manzanillo, Colima. Tesis para obtener el grado de master en acuicultura. Universidad de Colima. México
- Ismiño, R. & Padilla, P. (2006). Comportamiento reproductivo de cinco especies del género *Apistogramma* (cichlidae) en ambientes controlados. En: J.F. Renno et al., (ed.) *Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y piscicultura* (pp.215-221). Iquitos, Perú.
- Kullander, S. (1986). *Cichlid fishes of the Amazon River drainage of Perú*. Stockholm.
- Martínez, L., Vian, A. & Cañas, I. (1987). Tecnología de fabricación de piensos para la acuicultura. En: Espinosa de los Monteros & Labarta U. (Ed.) *Alimentación en acuicultura* (131-164). Madrid: CAICYT.
- Neil, N. (2002). *Dwarf cichlid nutrition*. En: www.apistogramma.com/dwarf-cichlidnutrition.htm. Acesado: 31 de julio del 2002.
- Toledo, M. (1994). Determinación de índices de calidad física de alimentos para Peces. En: Castro, E., (ed.) *Control de calidad de insumos y dietas acuícolas*. Documento de campo N°16. FAO-Italia.
- Torrentera, L.; Tacon, A (1989). Producción de alimento vivo y su importancia en la acuicultura. Una diagnosis. FAO, Proyecto GCP / RLA/075/ITA.

AVANCES DE LA PISCICULTURA CON ESPECIES AMAZÓNICAS EN BOLIVIA Y LA DISYUNTIVA DE INCORPORAR HÍBRIDOS

Hernán Navil Corcuy Arana

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno,
Santa Cruz, Bolivia
E-mail: navilcorcuy@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Esta presentación objetiviza básicamente el dar a conocer aspectos relevantes referidos al sistema organizacional que rige al sector pesquero y principalmente analizar los factores que tienen injerencia directa en el desarrollo alcanzando en la piscicultura amazónica.

Dada nuestras potencialidades, realidades y limitaciones en un país donde la piscicultura no tiene mucha relevancia ni ordenamiento jurídico y, donde consecuentemente no existen restricciones a cualquier iniciativa privada e inclusive estatal para incorporar especies alóctonas e híbridos en la Amazonía, en la perspectiva de encontrar mejores especies con características superiores con respecto a las puras, se corren riesgos contra la conservación de la variabilidad genética y hacia el medio ambiente. ¿Entonces que hacer?

Caracterización de la Amazonía Boliviana

Esta cuenca abarca las dos terceras partes del país (746 000 km²) y a diferencia de los otros países que la conforman, la amazonía boliviana tiene una caracterización muy singular tanto por su situación latitudinal entre 10° a 19 ° de Latitud Sud como por sus límites geográficos tan diversos; se extiende desde la cordillera Oriental de los Andes al Oeste y del Sur, comienza en los límites de la cuenca del Plata (Argentina, Paraguay) extendiéndose hacia el Norte para continuar con la Amazonía brasilera.

Esta configuración le confiere a esta región una gran diversidad reflejada en varios órdenes como la variación latitudinal, la región andina y sub andina hasta los extensos llanos de inundación de Mojos limítrofes con la república del Brasil. Este escenario diverso presenta grandes variaciones meteorológicas con precipitaciones desde los 5.000mm anuales en ciertas regiones, hasta los 1.300mm en las predominantes llanuras del norte amazónico; mientras que en la zona

Sur de transición con la cuenca del Plata la precipitación anual es de 1 000 mm anuales.

El clima también es variable presentando temperaturas subtropicales al pie de la cordillera hasta tropical en los llanos del Norte y en la región Sur. Un factor negativo relevante es la influencia que ejercen los vientos fríos procedentes del Sur durante la estación invernal Mayo- Agosto denominados surazos que afectan a los peces tropicales, principalmente a los cultivados en los que se presentan muchos problemas de orden sanitario y productivo, los mismos que se van agudizando desde los 15° Lat. S hasta los 19° Lat. S límite con la cuenca del Plata donde precisamente se encuentran la mayoría de los establecimientos piscícolas.

Hidrográficamente esta cuenca esta conformada por ríos de diferentes caudales, lagos y lagunas permanentes y en la época de lluvias esta llanura inunda más de 100 000 km² con aguas de duración temporal. Esta dinámica hídrica está acompañada de un gran número de especies icticas y un aparente potencial pesquero que no se traduce en un aprovechamiento proporcional, sino por el contrario ya se presentan algunas evidencias de una sobre explotación al no existir mecanismos de regulación y control salvo alguna excepción. Este panorama como consecuencia de la falta de organización del sector pesquero, tiende a agudizarse y de alguna manera favorece e induce a productores privados como a comunidades campesinas a incursionar en la piscicultura siendo así que en la presente década se evidencia un notable crecimiento de la actividad piscícola.

APTITUDES DE LA AMAZONÍA PARA PISCICULTURA

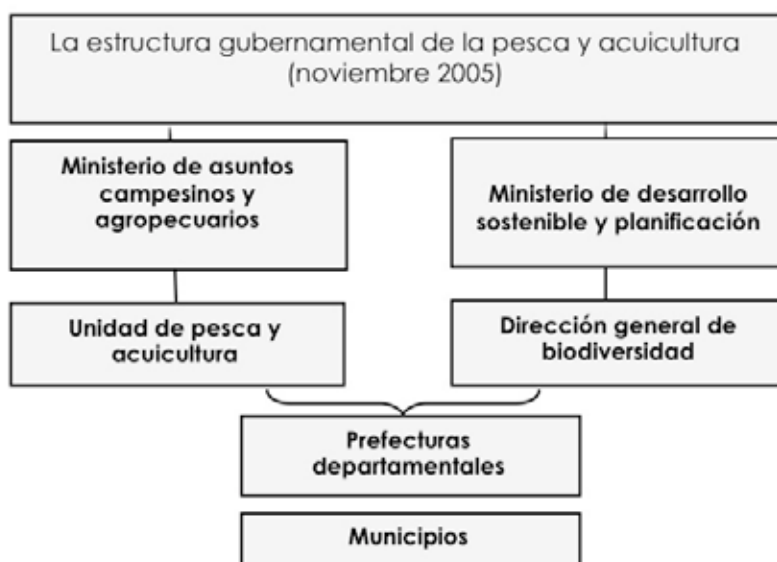
Al constituir la región amazónica el 66% del territorio nacional (departamentos de Santa Cruz, Beni, Pando, y parte de Cochabamba y La Paz), ofrece una variedad de características geohidrográficas con regiones que ofrecen condiciones ideales para desarrollar una piscicultura de grandes alcances como también de mediana y pequeña escala. Por ejemplo al pie de la extensa cordillera de los Andes en la zona de transición con los llanos amazónicos existen excelentes condiciones para la implantación de piscigranjas tales como la existencia de terrenos con suelos aptos atravesados por ríos de diferentes caudales con declives que permiten captar agua por gravedad. En el interior de las grandes llanuras, también existen buenas aptitudes piscícolas pero con la limitante de la dificultad de captar agua por gravedad.

Por otra parte en la Amazonía se producen todos los insumos requeridos para la formulación de alimentos balanceados. Actualmente en Santa Cruz ya existen fábricas de alimentos estrusados para peces con la perspectiva de ampliar la producción de acuerdo a la demanda.

Finalmente consideramos que las condiciones favorables para aprovechar de manera efectiva las potencialidades que ofrece la región se basan en: la facilidad para la implantación de criaderos y su operatividad, la demanda insatisfecha de carne de pescado, la diferencia entre el costo de producción (1,7 \$/Kg.) y el precio de venta del pescado al consumidor (3,2 \$/Kg.). Todo esto sumado a las potencialidades del mercado urbano y rural, a la aptitud de extensos terrenos aptos con muchas fuentes de aguas permanentes y la disponibilidad de insumos alimenticios y fertilizantes, son indicadores favorables para desarrollar la piscicultura con diferentes grados de intensificación.

MARCO POLÍTICO INSTITUCIONAL

La piscicultura como actividad productiva que requiere de recursos naturales para su implementación necesita de un conjunto de normas e instrumentos legales que viabilice y direcciones su desarrollo y la conduzca hacia una sustentabilidad ambiental y socio económica, económica y social.



En este marco, para desarrollar la piscicultura tienen que concurrir varios factores de órdenes político y legislativo nacional y departamental y legislativo, para el control legal de las actividades piscícolas en todos sus ámbitos de actuación

La realidad nos indica que este ordenamiento institucional de mando, es de difícil aplicación en la región amazónica, existiendo ausencia de coordinación entre el Gobierno Nacional con las Prefecturas y Municipios.

ACTORES DE LA PISCICULTURA AMAZÓNICA

Entre los actores que tienen intervención en los eslabones de la cadena productiva se encuentran instituciones estatales y descentralizadas como el gobierno nacional y departamental, algunos municipios, ONGs, universidades de Santa Cruz y Beni, productores privados, algunas comunidades, empresas y consultoras prestadoras de servicios y otras.

Aparentemente pareciera existir una gran concurrencia de actores ligados a esta actividad, sin embargo, la intervención del Gobierno Nacional, Prefecturas y Municipios no obedecen a estructuras y políticas planificadas de fomento y solo actúan financiando proyectos de manera esporádica y circunstancial.

AVANCES EN EL CULTIVO DE ESPECIES NATIVAS EN LA AMAZONÍA.

La piscicultura en esta región se desarrolla a partir de la Estación Acuícola El Prado dependiente de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) de Santa Cruz, pionera en la reproducción artificial o inducida (año 1990) en especies nativas como el tambaquí, *Piaractus brachipomus*, sábalo, *Prochilodus nigricans* y posteriormente con el pacú, *Colossoma macropomum*, boga, *Shizodon fasciatum* y desde el año 2005 se trabaja experimentalmente con el surubí *Pseudoplatystoma fasciatum* habiéndose logrando de manera paulatina importantes avances.

La piscicultura se expande recién a partir del año 2000, reflejadas en el crecimiento del número de productores, en el aumento de la producción piscícola; y en la ampliación del mercado de insumos y servicios al sector.

Este crecimiento se sustenta principalmente en la mayor oferta de alevines de especies de mayor demanda como el tambaquí *Piaractus*

brachypomus, el pacú *Colossoma macropomum* y el tambacú *C. macropomum* x *P. mesopotamicus*. Otro factor importante que interviene en este crecimiento es la instalación de tres fábricas de alimentos estrusados para peces. Posteriormente la organización de los piscicultores en Cámaras y Asociaciones también tiene una incidencia positiva.

Para evaluar los avances del cultivo de peces en la amazonia boliviana se debe considerar a aquellas regiones donde la piscicultura tiene una mayor presencia:

- La región integrada de Santa Cruz.
- El área de influencia de Trinidad, Beni
- La región del Chapare

Cada una de estas regiones tiene sus peculiaridades piscícolas. Así en la región integrada de Santa Cruz se encuentran concentradas las piscigranjas comerciales y los Centros de reproducción; en Trinidad los criaderos pertenecen a ganaderos privados y a algunas comunidades que aplica cultivos semi-intensivos, mientras que en el Chapare predominan las piscigranjas familiares de organizaciones sociales con apoyo gubernamental.

Investigación

La investigación piscícola en la amazonia es limitada en razón a que no existe financiamiento para este fin y todo lo realizado corresponde a una investigación aplicada y adaptativa elemental dirigida a resolver necesidades en el área de la reproducción artificial y en la producción. El problema radica en que Centros Universitarios como la Estación Acuícola El Prado tiene como prioridad la generación de recursos económicos para financiar sus gastos operativos desde el pago de salarios a su personal.

El avance mas importante se logró con la estandarización de la reproducción artificial en las principales especies amazónicas que tienen demanda regional, prueba de ello es que en la actualidad ya estamos en la capacidad de cubrir el requerimiento de alevines en gran parte de esta cuenca, a excepción del surubí *P. fasciatum* cuya tecnología falta investigar; en este campo se contó con el aporte valioso del IRD-Francia, sin embargo no se ha vencido la barrera para producir alevines en escala comercial.

Producción de alevines de especies nativas.

Sin lugar a dudas la producción masiva de tambaquí, pacú y tambacú fue la base para el crecimiento de la piscicultura y para ello la Estación Acuícola El Prado – UAGRM ha sido y es el Centro de aprendizaje del proceso reproductivo donde continuamente se capacitan estudiantes y egresados de la Facultad de Ciencias Veterinarias siendo así que de las 6 piscigranjas de reproducción, 5 se encuentran ubicadas en el área de influencia de la ciudad de Santa Cruz y solo una (Hoyam) está en el Beni, pero en todas trabajan o son propietarios profesionales especializados en la Estación El Prado. Para la gestión 2010 entrarán en funcionamiento otras dos Estaciones de reproducción.

La producción de post larvas de especies amazónicas, se estima en 5 millones existiendo una capacidad para duplicar esta producción. Cada año se distribuyen aproximadamente 1,5 millones de alevines principalmente en el área de mayor desarrollo agropecuario de Santa Cruz, Beni y el Chapare, regiones en las cuales se encuentran asentadas el 80% de los criaderos.

Producción piscícola y comercialización

La piscicultura amazónica dominante es la semi-intensiva con una producción inferior a las 3 t/ha. En los últimos 4 años se han implementado algunos criaderos de tipo intensivo con producciones estimadas en 5 000kg/ha.

El pescado producido en la Amazonía boliviana (pacú, surubí) a diferencia de otros países tiene un precio superior hasta el 50% de la carne bovina, y no está al alcance de la población de bajos ingresos, siendo considerado un producto de lujo. Existe la tendencia que conforme se intensifique y crezca el sector, el precio al consumidor disminuya considerando que el costo de producción es 1.7 \$US/kg y el precio de venta al consumidor es superior a 3.2\$US/kg; Se observa que el consumo *per capita* es de 2 kg/año.

Biotecnologías mejoradoras

El mejoramiento de la producción de peces se puede lograr mediante dos procedimientos: incrementando el tamaño de la piscigranja o aumentando el rendimiento mediante la producción de peces mejorados genéticamente. (FAO, 2009).

En este contexto, para conseguir una población ictica mejorada pueden utilizarse diversos programas de cría:

- La cría selectiva
- Producción de reproductores de sexo revertido.
- Manipulación cromosómica.

- Ingeniería genética.
- Hibridación.

LIMITACIONES CLIMÁTICAS Y BIOTECNOLÓGICAS

Las especies tropicales en esta latitud extrema de la amazonia sur hasta los 19° Lat. S se ven afectadas en mayor o menor grado en la época invernal (Mayo- Agosto) cuando las temperaturas descienden a menos de 17° C por efecto de los vientos fríos que llegan del Sur, este es un serio problema para los piscicultores de la región especialmente cuando se trabaja con especies tropicales como el pacú (*C. macropomun*), el tambaquí (*P. brachypomus*) entre las principales. La solución posible ha sido trabajar con el tambacú por la mayor resistencia a las temperaturas bajas que le confiere el *P. mesopotamicus*.

En lo referente al cultivo del surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum* de gran aceptación y demanda entre los piscicultores, no existe oferta de alevines al no haberse superado limitantes biotecnológicas, por el alto canibalismo para producir alevines en escala comercial. Una posible solución sería el cruzamiento de *P. fasciatum* con *P. corruscans* cuyo híbrido disminuye el canibalismo y es mas resistente a temperatura bajas. Recientemente cruzan el *P. fasciatum* con *Rhamdia quelem*, obteniendo ventajas corporales y el hábito omnívoro.

La disyuntiva de incorporar híbridos

Aunque todos los sistemas de cría destinados a aumentar los rendimientos son importantes y pueden aplicarse individual o conjuntamente para conseguir objetivos deseados, en Bolivia, se a comenzando a aplicar la hibridación, habiéndose conseguido algunos progresos con el tambacú, sin embargo, son muchas todavía las interrogantes que se plantean al momento de implementar esta biotecnología con otras especies.

Aspectos favorables

La hibridación es llevada a cabo para lograr uno de los dos resultados favorables: 1) heterosis o vigor híbrido, que se define en un sentido amplio como un incremento en el rendimiento o valor de la progenie y 2) efectos no heteróticos como es el rendimiento de la progenie en función de combinación sencilla de los genotipos parentales.

Por lo general, los programas de cruce se aplican a estirpes diferentes dentro de una misma especie (hibridación intraespecífica), pero

también pueden tener lugar entre especies distintas (hibridación interespecífica).

Compromiso medioambiental y conservación de la variabilidad genética

Sin embargo, la hibridación no siempre ha dado resultados positivos. Si los híbridos alcanzan el medio ambiente natural podrían intercambiar genes con una especie paterna y acarrear consecuencias difíciles de predecir; es decir, que el aspecto más peligroso de la hibridación es la pérdida de la biodiversidad ictica.

Razón a ello, la aplicación adecuada de los métodos en un programa de cría puede llevar a resultados útiles y deseados económica, estética y ecológicamente manteniendo la variabilidad genética en la población. Sin embargo, una aplicación inadecuada de la hibridación o su aplicación sin suficientes antecedentes teóricos pueden llevar al deterioro de la base genética.

Incorporación de híbridos, una posible solución

Desde la perspectiva de mejorar el rendimiento de especies que tienen gran aceptación en la región Sur de la Amazonia boliviana y para mejorar problemas de baja resistencia a adversidades climatológicas que impactan negativamente en los peces tropicales, se considera interesante la incorporación de aquellos híbridos que respondieron positivamente en otras regiones de características parecidas.

También existen otras técnicas modernas tendientes a conseguir mejores resultados como la manipulación cromosómica, la producción de reproductores de sexo revertido y la ingeniería genética, técnicas consideradas más complejas, comparadas con la hibridación cuyo proceso es sencillo y de rápida aplicación.

Mediante el cruzamiento se puede conseguir una descendencia corporal superior y cambiar el hábito alimentario carnívoro al omnívoro además de una mayor resistencia tal como se reporta cruzando *Pseudoplatystoma fasciatum* con *Rhamdia quelen*

REFERENCIAS

FAO (2009). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008 – FAO, Roma, Italia, 196p. <http://www.fao.org>

TECNOLOGIA DO PESCADO APLICADA À VALORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO PESQUEIRA DO ESTADO DO AMAZONAS

Nilson Luiz de Aguiar Carvalho & Maria Auxiliadora Fonseca Carvalho

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Coordenação de Pesquisas em Tecnologia de Alimentos. Caixa Postal 478 69011 - 970 Manaus, (AM) BRASIL
E-mail: nilson@inpa.gov.br

INTRODUÇÃO.

Diagnóstico da situação atual:

A Amazônia é conhecida por possuir o maior número de espécies de peixes numa bacia hidrográfica. De toda a produção de pescado desembarcada no Amazonas, somente três espécies representam mais de 70% dessa captura. Outras espécies têm uma boa aceitação para o consumo in natura, porém, nem sempre são capturadas por possuírem características sazonais marcantes. Por outro lado, centenas de espécies menos apreciadas pela população local deixam de ser consumidas por vários motivos sendo os principais: a grande quantidade de espinhas contidas no filé, a crença de que possam transmitir algum tipo de doença ou ainda pelo seu curto período de armazenamento.

A pesca para consumo humano é uma das atividades mais antigas praticadas pelo homem que vive na Amazônia, e de seus produtos depende a maior parte da proteína animal consumida em uma alimentação regional. Com a implantação, nas últimas décadas, de indústrias de beneficiamento de pescado para exportação aliado ao aumento no consumo interno, vem despertando o interesse no aproveitamento mais racional. O uso deste recurso passa pela aplicação de novas tecnologias visando o aproveitamento integral desta matéria-prima natural o que trará formas alternativas rentáveis economicamente aos empreendimentos que atuam diretamente na atividade de transformação de produtos pesqueiros através da agregação de valor ao pescado, pois além de gerar mais empregos pode dar condições para resolver problemas do setor como a diversificação da produção e o aproveitamento de espécies de baixo valor comercial.

O aumento na demanda por alimentos na região amazônica, principalmente o consumo de pescado, fez com que houvesse a necessidade de suprir de proteína toda a população aliada a sua comercialização a nível nacional, trazendo com isso um aumento na produção de pescado para cerca de 100 mil toneladas/ano.

Com o crescimento desta demanda houve a implantação de algumas indústrias de beneficiamento de pescado de pequeno, médio e grande porte, nos últimos anos em nossa região, principalmente, para o fileteamento de algumas espécies de pescado como o mapará, surubim, dourado e piramutaba destinados a suprir as necessidades locais e também para a exportação. Paralelo a isto, nos últimos 10 anos vários projetos de piscicultura, desenvolveram técnicas de cultivo intensivo, diversificando e aumentando o volume de produção de pescado a nível de consumidor final.

Atualmente há uma grande demanda por parte das pequenas e micro empresas em busca de conhecimentos tecnológicos aplicados à transformação e diversificação das linhas de produção do pescado regional em produtos acabados, de forma que sejam aproveitados em maior escala, e que tem nos últimos anos, ocasionado uma maior procura por estas tecnologias de maneira que possam, de uma forma direta, contribuir para a melhoria das linhas de produção dessas empresas, ou ainda, da busca de conhecimentos por parte de futuros empreendedores.

Para tanto, estão sendo desenvolvidos projetos de pesquisa na área de Tecnologia do Pescado utilizando matéria-prima regional com possibilidades de uma elevação de sua produtividade e que atualmente não são capturadas quer seja por falta de conhecimentos científicos básicos aplicados a estas espécies, relacionados principalmente aos componentes químicos, ausência falta de uma tecnologia apropriada para cada espécie, ou ainda por uma política direcionada que promova incentivos à criação de pequenas indústrias voltadas para a exploração desta matéria-prima.

A partir dessa procura esta pesquisa propõe conhecer e aplicar novas tecnologia ao pescado de maneira que possa propor alternativas para a diversificação de empresa interessadas na elaboração de produtos de pescado incentivando o beneficiamento de diversas espécies de peixes pouco exploradas, para serem beneficiada na forma de produtos acabados, em maior escala tais como: fishburgueres, palito de peixe, quibe de peixe, bife de peixe e "nuguetes" de peixe empanados.

Tecnologia proposta/ sugestões de melhorias

As perspectivas de utilização das espécies de pescado inexplorados ou sub-explorados são muito promissoras. O que ressalta a importância da

tecnologia do pescado voltada para o aproveitamento racional destas espécies que apresentam baixo valor comercial em consequência do hábito alimentar tradicional, porém que possuem valor nutritivo compatível ao das espécies mais cotadas no mercado. Para tanto, essa tecnologia assume grande importância no sentido de elevar o índice de aproveitamento da produção fornecendo alternativas através da caracterização destas espécies, para que possam ser consumidas na forma de produtos elaborados

A crescente demanda por parte de inúmeras pessoas interessadas em adquirir conhecimentos técnicos sobre o beneficiamento de pescado de água doce com a aplicação de novas tecnologias, determina que haja uma intensificação nas pesquisas mais aplicadas de maneira que pesquisadores e técnicos da área repassem estas tecnologias de forma correta, para que estes mesmos interessados saibam definir quais as técnicas a serem empregadas desde o início com base nos conhecimentos teóricos e práticos desde a captura até a comercialização.

A pesquisa nesta área atualmente está voltada para introduzir novas tecnologias conhecidas mundialmente utilizando as espécies de pescado pouco consumidas ou subexploradas cujo potencial evidencia sua importância com vistas principalmente para a exportação na forma de blocos de carne pescado triturada mecanicamente.

Dentre as inúmeras propostas a serem alcançadas, deve ser destacada a possibilidade do aperfeiçoamento dos empresários sobre boas práticas de higiene e manipulação desde a compra da matéria-prima até a elaboração dos produtos processados afim de que sejam comercializados e consumidos em condições de segurança.

Justificativa

A utilização dos recursos naturais na Amazônia desenvolveu-se ao longo de sua história, de maneira lenta e nos moldes artesanais, havendo sempre a predominância do extrativismo. Essa exploração é feita para garantir a subsistência peculiar dos pequenos centros urbanos, restringindo sua importância comercial.

As grandes distâncias que separam os locais de pesca das zonas urbanas, influenciam a qualidade da produção pesqueira. Os conhecimentos relativo ao manuseio e à estabilidade das espécies de peixe de água doce durante a estocagem são escassos, apesar da relevância desse parâmetro para um aproveitamento racional da captura em termos de qualidade e de diminuição das perdas pós-captura.

Frente a todos esses problemas, as necessidades da região Amazônica na área de alimentos não se resumem aos problemas tecnológicos. Há uns cem números de matérias-primas que necessitam serem estudadas sob o ponto de vista de sua composição química, constituintes nutritivos (minerais e vitaminas), realizar a caracterização tecnológica para obtenção de produtos adequados, ou seja, este potencial alimentício necessita de uma boa dose de experimentação científica básica para que seja utilizado quanto as reais possibilidades de sua racional exploração econômica.

A aplicação de novas pesquisas possibilitarão o conhecimento de técnicas visando o aproveitamento desses recursos o que trará maiores alternativas de alimento à comunidade, além de gerar melhores condições para resolver problemas regionais, como a falta de produção de alimentos, em grande parte ainda tendo que serem importados de outras regiões.

O aproveitamento do pescado de baixo valor comercial através de tecnologias simples e baratas, poderão racionalizar a exploração pesqueira já que a produção concentra-se em grande parte sobre algumas espécies de pescado, devido ao hábito alimentar da população. Pesquisas recentes mostraram que o pescado comercializado em feiras e mercados locais possuem qualidades inferiores devido principalmente ao inadequado manuseio desde a captura até a sua comercialização e consumo, isso leva a se propor pesquisas onde se objetiva identificar os problemas causados e propor a utilização e observação das normas e padrões de manuseio.

Atualmente o processamento industrial de pescado atingiu um bom nível tecnológico, principalmente no caso dos congelados, voltados a atender ao mercado de exportação. Entretanto, as exportações de pescado limitam-se a produtos não processados ou semi-industrializados.

Como o objetivo da indústria pesqueira é de maximizar o aproveitamento do pescado para o consumo humano, a proposta de tecnologias como a produção de "minced fish" e Surimi, coloca-se como alternativas de uma recuperação rápida e razoavelmente barata do músculo de espécies subutilizadas e/ou aparas de filetagem. Reconhecendo a necessidade de aumentar a comercialização e consumo de pescado e seus derivados este projeto de pesquisa visa implementar alternativas no sentido de identificar novos produtos e oportunidades de mercado para produtos de pescado com valor agregado, acrescentando ao consumo atual fonte de proteína com os recursos pesqueiros não explorados atualmente.

OBJETIVO GERAL

Aplicar novas alternativas para a diversificação tecnológica do pescado incentivando micro e pequenas empresas na elaboração de produtos de pescado utilizando espécies de peixes inexploradas ou sub-exploradas, para serem beneficiadas na forma de produtos acabados tais como: **fishburguer, palito de peixe, quibe de peixe, bife de peixe e “nuggetes” empanados.**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar estudos sobre a adequação tecnológicas, através da introdução de formas alternativas e o estabelecimento de parâmetros tecnológicos que possibilitem maior padronização dos produtos obtidos.
- Pesquisar a utilização de espécies de pescado tais como: aruanã, aracuporoca, mapará, branquinha cascuda e cubiu, com baixo valor comercial para a produção de “minced” e “surimi” (pasta base), com vistas a elaboração de produtos semi prontos, agregando valor econômico aos produtos desenvolvidos
- Estudar a qualidade dos produtos elaborados através de análises sensoriais e físico-químicas.

MATERIAL E MÉTODOS.

Composição química

As espécies, aruanã - *osteoglossum bicirrhosum* (Vandelli, 1929); aracuporoca - *shizodon vittatum* (valenciennes, 1849) mapará - *hypophthalmus marginatus* (valenciennes, 1840); branquinha cascuda, *Psectrogaster rutiloides* cubiu - *Eigenmannia melanopogon*, foram adquiridos diretamente nos barcos pesqueiros que comercializam no Entrepósito de Pescado de Manaus (Feira da Panair). Sendo em seguida transportados em gelo para o laboratório da Planta Piloto de processamento de pescado onde foram beneficiados.

A preparação das amostras de pescado para análises químicas do músculo e do resíduo, foi realizado da seguinte forma: filés sem pele, triturados em homogeneizador universal, utilizando cinco indivíduos por espécie para as determinações. Dos mesmos exemplares que foi retirado os filés, utilizou-se também os resíduos para análises seguindo os mesmos procedimentos para os filés. As análises foram realizadas baseadas nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, obedecendo os seguintes procedimentos:

Umidade

Foi determinada pesando-se três amostras com aproximadamente 5 gramas cada uma, em balança analítica eletrônica digital com precisão de 0,0001g, em cadinhos previamente tarados e colocados em estufa a 105°C até peso constante.

Nitrogênio total

Foi determinado através do método Kjeldahl, utilizando-se um bloco digestor e um destilador. As quantidades de proteína bruta nas amostras foram obtidas multiplicando-se o teor de nitrogênio, pelo fator 6,25. Foram utilizadas três amostras com aproximadamente 2 gramas cada uma.

Lipídios

Foram determinados através da extração contínua com éter etílico, em aparelho de Soxhlet por um período de 6 horas. Foram utilizadas três amostras com aproximadamente 5 gramas. Minerais: foram determinadas através da carbonização em temperatura baixa e incineração em mufla, a 550°C até peso constante. Foram utilizadas três amostras com aproximadamente 3 gramas.

Obtenção de “minced”.

Como produto intermediário, o “minced” recebe atualmente enorme atenção. A partir dele é obtido o “surimi” e outros produtos. É um produto triturado, obtido mecanicamente, e praticamente isento de pele e ossos. Como todas as espécies de pescado são potencialmente aptas à obtenção de “minced”, nos estudos propostos serão explorados a mistura de várias espécies, para atender diferentes propósitos, a lavagem ou não de produto com água, a adição de aditivos contra oxidação lipídica e desnaturação protéica e a estabilidade química e microbiológica do produto.

Obtenção de “surimi”

Será obtido a partir do músculo de pescado, após a trituração, lavagens sucessivas com água à baixa temperatura, adição de crioprotetores protéicos que preservem o complexo de actomiosina durante o congelamento. O pescado destinado à obtenção do “surimi” será composto de espécies com potencial para tanto. O sucesso na obtenção e a qualidade do “surimi” dependerá do frescor da matéria-prima, do método de pesca, época de captura, composição química e tamanho da espécie. Será determinada a composição protéica

(miofibrilares, sarcoplasmáticas e do estroma) das espécies de pescado.

Processo de fabricação do surimi

Um dos grandes problemas atuais, relacionados com o aproveitamento dos recursos pesqueiros é diversificação da indústria processadora de pescado. A possibilidade da utilização da carne mecanicamente separada de pescado vem de encontro ao atendimento de diversificação e melhor aproveitamento dos recursos pesqueiros, bem como a utilização de pescado de água doce e também da aquacultura.

A palavra japonesa "surimi" significa literalmente "carne triturada", entretanto o produto "surimi" é mais do que isso. Suas principais características são:

(a) a capacidade de formação de gel, que lhe permite assumir quase todas as formas e texturas desejadas, após o tratamento térmico, na elaboração de produtos;

(b) a estabilidade prolongada durante a estocagem congelada, conferida pela adição de sais e açúcares como crioprotetores.

O advento do "surimi" congelado revolucionou o método tradicional de fabricação de produtos a base de "surimi".

No tocante ao processamento do pescado in natura, a sua carne separada mecanicamente (CPSM), também chamada de polpa, vem se constituindo numa nova técnica de utilização em países ocidentais. Uma destacada vantagem desta técnica é a maior flexibilidade de processamento, visto que propicia um controle de textura, sabor, aroma e estabilidade da polpa, conforme o tipo de produto desejado e de pescado utilizado, além de propiciar maior rendimento de carne comestível do que filetagem.

O recente declínio nos estoques de peixes de água doce, associado ao aumento da demanda regional de proteína de origem animal, tem contribuído ao desenvolvimento de instrumentos e técnicas para o melhor aproveitamento dos recursos pesqueiros, especialmente através deste processo é obtida a polpa. Os separadores de carne ou desossadora podem ser utilizados na indústria do pescado para os seguintes propósitos. O primeiro é para recuperar o máximo possível a carne deixada na carcaça após o processo de filetagem. No segundo são utilizadas espécies que não possuem valor comercial algum ou que não podem ser industrializadas por equipamentos convencionais, devido ao seu tamanho e forma. Assim, a carne de pescado separada mecanicamente (CPSM) surge como uma alternativa importante para suprir a demanda do mercado.

A polpa ou carne mecanicamente separada é o músculo integral (carne escura e ordinária), livre de espinhas, ossos, pele, etc. Esta carne apresenta coloração avermelhada por pigmentação própria (hemopigmentos), descolorindo-se facilmente e sendo muito instável quando misturado com sal e outros ingredientes.

Nos países cujo consumo de pescado vem crescendo em níveis de até 25% da comercialização mundial nas últimas décadas, havendo com isto uma significativa mudança nos hábitos alimentares, particularmente em relação ao pescado, pois permitiu a aquisição de produtos parcialmente ou inteiramente elaborados a partir da polpa ou carne de pescado separada mecanicamente (SURIMI).

Com o crescente aumento da popularidade destes produtos nos países tropicais, dentre este se enquadra o Brasil que consome produtos de pescado a base de carne de pescado separada mecanicamente (SURIMI), com uma variedade de novos produtos, adequados às necessidades do consumidor nas diferentes regiões. Esta nova forma de consumo pode representar um impulso importante no aumento na produção de pescado a nível nacional.

Os produtos feitos a partir da carne de pescado separada mecanicamente (CPSM), podem criar uma moderna concepção de consumo como uma alternativa de produto alimentício obtido de pescado, diversificando a utilização de matéria-prima e diminuição de perdas no processamento industrial visto que a tecnologia a ser aplicada é relativamente simples.

Apesar da produção mundial de pescado continuar crescendo, é também crescente a tendência de que a demanda exceda a oferta, ocasionando a redução da disponibilidade de pescado, aumento dos preços, e a procura de recursos pesqueiros alternativos para diminuir essa lacuna. Graças ao aumento do mercado para produtos de pescado, tais efeitos poderão ser amenizados pois a diversificação fará com que haja uma busca por fontes adicionais de pescado para aumentar a oferta envolvendo considerável aplicação da tecnologia do pescado, em países em desenvolvimento, onde esta tecnologia não é muito avançada.

Tais recursos não são completamente aproveitados devido a falta de tecnologia adequada, para transformar a matéria-prima em produtos de consumo direto, bem como com preços mais acessíveis.

Tecnologia do surimi (figura 1)

As espécies de pescado utilizadas para a elaboração de "minced fish" ou "Surimi" são aquelas cuja proteínas tem maior capacidade de formação de gel e que oferecem mais disponibilidade de captura.

As fontes de matéria-prima para elaboração de "minced fish" ou "Surimi" são as aparas e restos musculares das operações de filetagem manual, bem como do músculo íntegro das espécies de peixes subtilizadas, principalmente devido à dificuldade no processamento, aceitabilidade, ou problemas relacionados a presença de espinhas no músculo ou ainda por suas características de odor e sabor devido ao hábito alimentar do consumidor.

A forma de obtenção da carne triturada é feita a partir do uso de máquinas separadoras de espinhas e ossos ("deboner"). Estes equipamentos foram fabricados e adaptados para serem utilizados em plantas de pescado para separar as espinhas, escamas, nadadeiras etc. Neste tipo de máquina o pescado é introduzido entre uma cinta de borracha e um tambor perfurado com orifícios de 3,5 milímetros de diâmetro, pelo qual o pescado é pressionado passando pelos furos somente a carne até o interior do cilindro.

O procedimento tecnológico básico para desenvolvimento da tecnologia a pasta de pescado das espécies estudadas foi obtido através do processo de separação em Separadora de Espinhas BAADER modelo 696, com perfurações de 0,3 milímetros.

A pasta de pescado (SURIMI) foi obtida à partir do músculo do pescado. O Processo básico é realizado através da separação de suas espinhas com a trituração do músculo, seguida de uma lavagem com água potável e eliminada o excesso de água por pressão, estando pronta para ser utilizada.

Seleção da matéria-prima

No pescado destinado a fabricação de SURIMI foi observado a qualidade e frescor pois o tempo de permanência no gelo depois de capturado e a forma como o material é manipulado durante o armazenamento antes de ser processado é muito importante, já que terá influência na qualidade do produto final. Sob nenhuma circunstância este deve ser armazenado fora do gelo. Após o descabeçamento e a evisceração, lavou-se com bastante água o resto das vísceras já que as proteasas das vísceras se mantêm ativas durante o armazenamento congelado.

Obtenção da pasta

Após o processo de evisceração a carne foi separada da pele e espinhas através de máquinas apropriadas. O músculo escuro não deve

estar incluído quando se quer obter um SURIMI de alta qualidade, embora isto não tenha importância no caso de não se querer obter um produto de primeira qualidade.

O pescado triturado obtido, chamado "OTOSHIMI", se apresenta com pequenas partículas com cerca de 3-5 mm de diâmetro. A pressão utilizada no separador de carne influencia diretamente no rendimento do OTOSHIMI, bem como no rendimento do SURIMI congelado. A fim de produzir um SURIMI congelado de boa qualidade é muito importante separar a carne lentamente se o rendimento diminuir.

Lavagem com água

A massa triturada foi lavada com água potável em tanque de 100 litros. Ao pescado picado se mistura bem 7 a 8 vezes o seu volume de água gelada e se deixa repousar por 10 minutos. Esta etapa deverá ser feita adicionando-se gelo na água durante a lavagem para que sua temperatura não exceda a 13 °C. O sobrenadante foi retirado com uma escumadeira. Este processo foi repetido cinco vezes, juntamente com a água não só se eliminam substâncias solúveis mas também gordura e pequenas partículas do músculo que atuam como contaminantes. Por outro lado a água eliminada deve ser convenientemente tratada, segundo a legislação local de efluentes. Hoje em dia também se investiga sobre a forma de se recuperar destas águas a gordura, partículas de músculo e a proteína solúvel para se utilizar no consumo humano.

A lavagem com água é um processo necessário na fabricação de SURIMI, pelas seguintes razões:

- a) A capacidade formadora de "ashi" será máxima.
 - b) Inibe a desnaturalização protéica devido ao congelamento, o qual corrobora a teoria de que o mecanismo de desnaturação protéica por congelamento é causada pela crioconcentração dos sais contidos nos músculos.
 - c) Eliminação da proteína hidrossolúvel da carne do pescado para concentrar as proteínas miofibrilares.
- durante o congelamento (enzimas, sais minerais, óxido de trimetilamina, etc.):
- pescado que escurecem o produto final.
 - odores estranhos ao produto.
- Eliminação do excesso de água*

Após a lavagem, devido a absorção d'água, e a pasta se apresenta inchada, tornando-se necessário eliminar este excesso. Existem

máquinas apropriadas para se realizar esta etapa, as quais utilizam vários tanques cilíndricos que retiram a água por centrifugação. A drenagem por centrifugação remove pequenas partículas que não são retiradas no processo de lavagem, requerendo no entanto cuidados ao se operar com a rotação de drenagem da água em altas velocidades. No processo foi utilizado a forma de prensar o pescado dentro de um "saco" resistente. Este procedimento foi mais lento e gradual para que não houvesse rompimento das estruturas nem do saco.

O conteúdo de água contida no SURIMI após a drenagem determina a qualidade padrão do produto final. Para algumas espécies de pescado pelágicas a proporção final de umidade é de 77% e recebem a classificação especial; 78% o Surimi é de primeira classe e; 79% Surimi de segunda classe. De maneira geral os fabricantes de SURIMI classificam o conteúdo de umidade de 83% para o Surimi de classe especial; 84% para o de primeira classe e; 85% para o Surimi de segunda classe.

Obtenção dos produtos derivados de pescado

Fishbúrguer

O processo de obtenção do fishburguer tradicionalmente é realizado através da junção da carne triturada com os condimentos selecionados e em quantidades pré-determinadas, os quais possuem funções distintas entre proporcionar o sabor, odor, liga e textura.

A forma arredondada semelhante ao hambúrguer de carne é dada a partir do equipamento apropriado (hamburgueira) que realiza os movimentos de moldagem de 500 fishburgueres por hora. Após a moldagem os fishburgueres são congelados para posteriormente serem embalados e rotulados.

Palito de peixe

A denominação palito de peixe, se dá ao produto elaborado a partir da carne triturada adicionada de ingredientes, moldada em bandejas, congeladas, cortadas em pequenas tiras de 2 x 10 centímetros, empanadas em clara de ovos e farinha de pão torrado sendo em seguida embaladas em congelador.

A textura proporcionada para que o produto se assemelhe ao pescado in natura é proporcionada pela adição de pequenos pedaços de filé de peixe durante o processo de mistura.

Quibe de peixe

O quibe de peixe é um produto elaborado a partir da carne de pescado triturada, adicionada de condimentos apropriados proporcionando uma grande semelhança ao tradicional quibe de

carne. Seu principal objetivo é de ser consumido por aquelas pessoas que não apreciam a carne de pescado in natura com suas qualidades nutricionais de sabor e odor.

Bife de peixe

Este é um produto característico com semelhança a um bife de carne feito a partir da carne triturada, condimentada, moldada e congelada. Assim como os demais produtos podem ser consumido com a parte protéica de uma refeição normal juntamente com arroz, feijão e salada.

O bife de peixe, pode assumir qualquer forma principalmente para atrair o consumidor por sua aparência, por exemplo: forma de peixinho, estrela, carrinho etc.

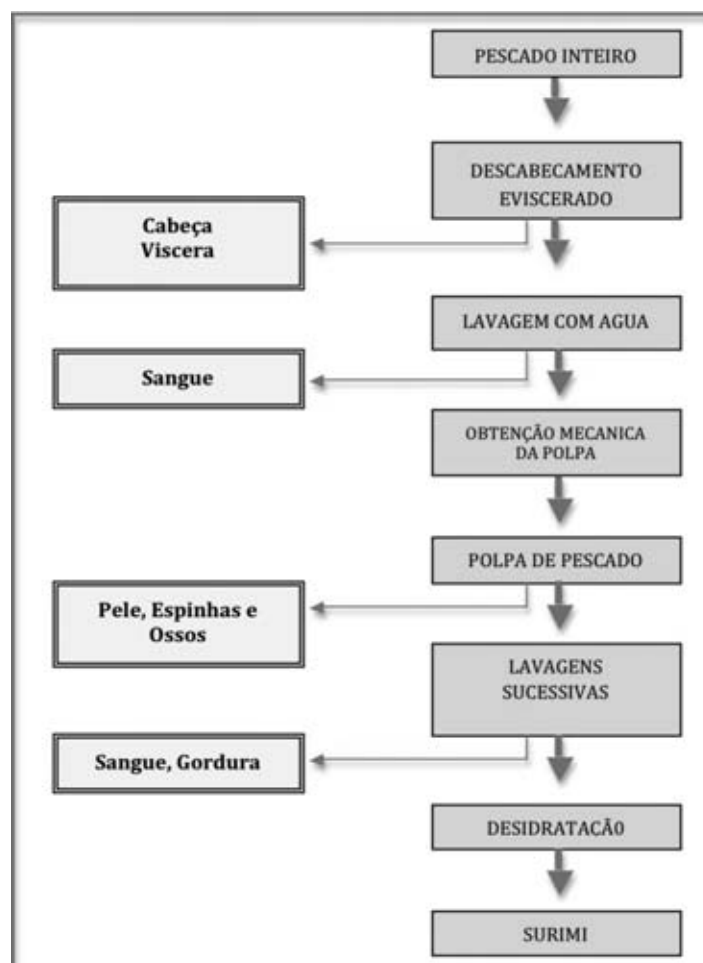


Figura 1. Fluxograma de obtenção do SURIMI.

Nuguetes empanados

Para a fabricação de análogos de pescado na forma de “nuguetes”, são adicionados à massa de carne triturada alguns condimentos em quantidades determinadas para proporcionar uma textura firme.

Após a mistura a carne é moldada na forma de pequenos quadrados de 7 x 5 centímetros e em seguida congelados, empanados e sofrem uma pré-fritura por cerca de 30 segundos. Ao consumir o produto deverá ser frito diretamente sem descongelar por 5 minutos.



Los principales objetivos científicos de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica (RIIA), conformada por investigadores de varios países amazónicos (Bolivia, Colombia, Ecuador, Brasil, Perú), se centran en el estudio de la diversidad de los peces amazónicos, su evolución, sus estrategias de historia de vida y en el desarrollo de una piscicultura sostenible para las especies más prometedoras.

Además de las aplicaciones en el campo de la piscicultura, los resultados obtenidos son útiles para la gestión, manejo y conservación de estas especies en su medio natural.

En este libro el lector encontrará los resúmenes extendidos del segundo coloquio de la RIIA que se llevó a cabo en el INPA (Manaus, Brasil).

ISBN: 978-612-46077-0-7



9 786124 607707