

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.

⁷ Institut 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; Nores 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 cladogénesis 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 cladogénesis 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.

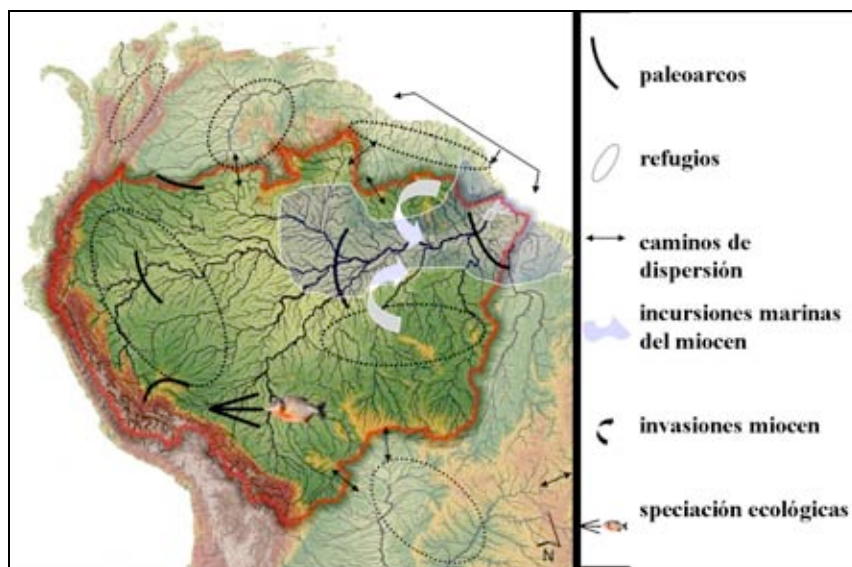


Figura 1: Los diferentes eventos estructuraron la ictiofauna en America del Sur desde la formación de la cuenca Amazónica.

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

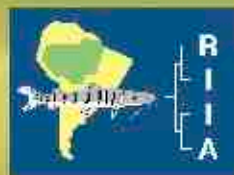
equilibrio entre especiación por alopatría y dispersión, nació probablemente la parte fundamental de la diversidad actual. Especiación alopátrica, ecológica y quizás simpátrica, bajo el efecto de eventos exógenos o endógenos de las especies, que se combinaron en un ambiente fluctuante de manera suficientemente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



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).

BIOLOGÍA DE LAS POBLACIONES DE PECES AMAZÓNICOS Y PISCICULTURA, Manaus, Brasil, 2009

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

ISBN: 978-612-46077-0-7



9 786124 607707

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 Rio 113, Pueblo Libre T: 332-2328

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. Brígida-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

Sidínea 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 AMAZÓNICA: 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 brachypomus*) 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