

Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura

Coloquio Internacional
27 de Junio - 1 de Julio de 2005
Iquitos, Perú

Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica

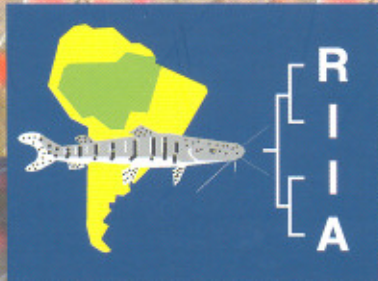
Editores:

J.-F. Renno

C. García-Dávila

F. Duponchelle

J. Nuñez



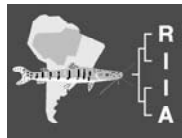


Comunicaciones del Coloquio Internacional

**«Biología de las Poblaciones
de Peces de la Amazonía
y Piscicultura»**

27 de Junio - 1 de Julio de 2005
Iquitos, Perú

**Red de Investigación
sobre la Ictiofauna Amazónica**



Editores

**Jean François Renno
Carmen García
Fabrice Duponchelle
Jésus Nuñez**

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP

Avenida Abelardo Quiñones Km. 2.5

Iquitos – Perú

<http://www.iiap.org.pe>

Institut de Recherche pour le Développement – IRD

213, rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10

Francia

<http://www.ird.fr>

**Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura.
Comunicaciones del Primer Coloquio Internacional de la Red de Investigación
sobre la Ictiofauna Amazónica, Iquitos, Perú.**

**Jean-François Renno, Carmen García, Fabrice Duponchelle y Jesus Nuñez
(editores)**

Agradecimientos a Etienne Baras por su ayuda técnica y a Rémi Dugué por su contribución al diseño del logotipo RIIA.

Fotografía de cubiertas, detalle de la piel de Paiche y Paiche joven, Piscicultura de Quistococha, IIAP, Iquitos (fotos J. Nuñez).

IIAP – IQUITOS / IRD – PARIS

Lima, diciembre del 2005

ISBN:

Prefacio

La Amazonía continental presenta una gran diversidad de ecosistemas, en los cuales se ha desarrollado una rica y variada ictiofauna que sustenta una captura anual de miles de toneladas de pescado para la alimentación de la población, y alberga a miles de especies de peces ornamentales que se comercializan en los mercados de Asia, Europa y América del Norte. Como es obvio, la captura de los peces de consumo y ornamentales tiene un gran significado socio-económico en toda la región, como oferta de empleo, captación de ingresos y fuente de alimentación de la creciente población. Sin embargo, el régimen de expansión y retracción anual del ambiente acuático en la región, determina variaciones en la disponibilidad de los recursos, con repercusiones en la captura y oferta en los mercados.

La acuicultura amazónica es una alternativa de producción que puede contribuir significativamente a incrementar la oferta en mercado. Sin embargo, esta actividad presenta aun un nivel de desarrollo incipiente debido a diversas causas, entre las cuales destaca principalmente el poco conocimiento y manejo de la mayoría de especies, y la poca difusión de las investigaciones y experiencias locales, en todos los países de la Amazonía.

Para aprovechar bien la globalización y los instrumentos de comunicación ahora existentes, es fundamental y básico, estrecha comunicación e intercambio de información, pero fundamentalmente, espíritu de trabajo cooperativo. Con eso se gana eficiencia y se asegura la muy necesaria administración conjunta de los recursos naturales que van más allá de las fronteras de los países.

Por esto, para facilitar la comunicación entre investigadores e intercambiar importantes experiencias de manejo de recursos pesqueros en la amazonia, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, en alianza con el *Institut de Recherche pour le Développement* - IRD, de Francia,

organizaron el Coloquio Internacional **Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y Piscicultura** que se llevó a cabo en Iquitos, del 27 de junio al 1ro de julio de 2005.

El presente volumen agrupa 40 comunicaciones presentadas en ocasión de este evento, las mismas que resaltan la importancia de los avances en la investigación y gestión de los recursos pesqueros de la cuenca amazónica y afianzan la necesidad de trabajar en cooperación para promover el desarrollo sostenible de la Amazonía y contribuir a contrarrestar los niveles de pobreza y de desarrollo actuales. Por eso, reviste especial importancia la realización de este coloquio internacional y la creación, en este marco, de la Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica - RIIA, para la ejecución de investigaciones conjuntas entre los investigadores de la cuenca y de los países del orbe, que trabajan para mejorar el conocimiento y el uso de los recursos amazónicos.

La organización de este coloquio internacional ha sido posible gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) del Perú, de la Delegación de Cooperación Regional «Países Andinos» del Ministerio Francés de Relaciones Exteriores y de la Delegación a la Información y a la Comunicación del IRD, que agradecemos por el apoyo brindado.

Como representantes de los institutos organizadores de este Coloquio Internacional, nos complace finalmente felicitar el conjunto de los investigadores y estudiantes de Argentina, Bélgica, Bolivia, Brasil, Colombia, Estados Unidos, Francia y Perú que han participado en este certamen, agradecer el personal científico, técnico y administrativo del IIAP y del IRD por la organización del mismo y felicitar los cuatro editores científicos de este volumen por su dedicación y eficiencia.

Iquitos y Lima, diciembre del 2005

Dr. Dennis del Castillo Torres Presidente
del Instituto de Investigaciones de la
Amazonía Peruana (IIAP)

Dr. Pierre Soler
Representante del *Institut de Recherche
pour le Développement* (IRD) en el Perú

Contenido

Ecología, Biología, Pesca

Historia de vida del tucunaré, <i>Cichla monoculus</i>, en la Amazonía Boliviana	13
F. Duponchelle, F. Carvajal, J.F. Renno, R. Dugué, J. Nuñez	
Comportamiento reproductivo del tucunaré (<i>Cichla monoculus</i>) en el Río Paraguá, Santa Cruz, Bolivia	18
H. Muñoz, P. Van Damme, F. Duponchelle	
Biología reproductiva del Bujurqui <i>Cichlasoma amazonarum</i> (Kullander, 1983) en ambientes controlados	24
M. Silva P, F. Alcántara, M. del Aguila	
Aspectos reproductivos de dorado <i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>, en la Amazonía Peruana	30
A. García, J. Nuñez, J.F. Renno, F. Duponchelle	
Definición del stock pesquero del dorado (<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>) en la cuenca Amazónica a través de su estructura por edades	36
J.C. Alonso, N. Fabré	
Variación de historia de vida de la piraña roja <i>Pygocentrus nattereri</i>, en dos cuencas de la Amazonía Boliviana.	42
F. Duponchelle, F. Lino, J.F. Renno, R. Dugué, J. Nuñez	
Reproducción y crecimiento de <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> en la cuenca amazónica Boliviana.	47
J. Nuñez, A. Inturias, R. Dugué, J. Barreto, R. Rivera, F. Duponchelle, J.F. Renno	
Reproducción y crecimiento de <i>Colossoma macropomum</i> en las cuencas del Iténez y del Mamoré (Amazonía Boliviana)	52
J. Nuñez, E. Maldonado, R. Dugué, F. Duponchelle, C. Aliaga, R. Rivera, J.F. Renno	

Algunos parámetros físicos, químicos y bioecológicos que influyen en el comportamiento migratorio de la «gamitana» <i>Colossoma macropomum</i> en el Río Ucayali	58
L. Campos Baca	
Táticas reproductivas de peixes em ambientes de várzea na Amazônia Central	65
S. Aparecida Amadio, M.M. Bittencourt	
Análisis de los desembarques de la flota pesquera comercial de Iquitos	73
Á. García Vásquez, S. Tello Martín	
Pesca comercial y manejo pesquero en la cuenca Amazónica y el Pantanal Boliviano (Bolivia)	79
P. Van Damme, S. Najaya	
Biología de peces comerciales en el Río Ichilo (Bolivia)	84
H. Muñoz, J. Castellón, P. Van Damme	
 <i>Genética de Poblaciones</i>	
Padrões Genético-populacionais de peixes da Várzea	91
I. Farias, W. Vasconcelos, M. Nunes, E. Mota, T. Hrbek	
Genética da conservação de <i>Arapaima gigas</i>: implicações para localização de áreas protegidas	96
T. Hrbek, M. Crossa, I. Farias	
Genética de poblaciones y filogeografía de <i>Serrasalmus rhombeus</i> en el alto Madera	102
N. Hubert, F. Duponchelle, J. Nuñez, J.F. Renno	
Identificación de especies de pirañas con la utilización de los EPIC-PCR	107
N. Hubert, F. Duponchelle, J. Nuñez, J. F. Renno	
Variabilidad genética y estructuración poblacional de <i>Cichla monoculus</i> en el Alto Madera (Bolivia), a partir del análisis EPIC-PCR	111
F. Carvajal, Jesús Nuñez, F. Duponchelle, J.F. Renno	
Filogenia, filogeografía y estructura poblacional de las especies de <i>Prochilodus</i> (Prochilodontidae, Characiformes) en las principales cuencas fluviales de Sudamérica	116
G. Ortí, C. Li, I. Farias	

Genética populacional da dourada – <i>Brachyplatystoma rousseauxii</i> (Pimelodidae – Siluriformes) na Amazônia Brasileira e Peruana	123
J. Batista, C. García, T. Marão-Siqueira, D. Ruiz, W. Chota, K. Formiga-Aquino, J.A. Alves-Gomes	
Filogeografía de <i>Colossoma macropomum</i> y <i>Piaractus brachypomus</i> en la Alta Amazonía (Perú y Bolivia)	129
C. García, J.P. Torrico, E. Desmarais, F. Duponchelle, J. Nuñez, J.F. Renno	
Variabilidad genética y estructuración poblacional de <i>Colossoma macropomum</i> y <i>Piaractus brachypomus</i> en el Alto Madera (Bolivia)	135
J.F. Renno, C. Aliaga, R. Dugué, J. Nuñez, F. Duponchelle	
Baixo nível de variabilidade genética detectado no intron 3 do hormônio de crescimento de <i>Colossoma macropomum</i> e espécies relacionadas	143
Jorge. Porto, A. Alencar	
Filogeografía comparada de especies de los géneros <i>Pseudoplatystoma</i>, <i>Colossoma</i>, <i>Piaractus</i>, <i>Cichla</i> y <i>Pygocentrus</i> en el Alto Madera	148
J.P. Torrico, C. García, E. Desmarais, J. Nuñez, F. Duponchelle, J.F. Renno	
Optimización de dos métodos de extracción de ADN genómico a partir de la concha de abanico peruana <i>Argopecten purpuratus</i> L.	154
S. Sirvas Cornejo, B. Gamero	
<i>Piscicultura</i>	
Cultivo de paiche, <i>Arapaima gigas</i> en estanques de reproductores en Loreto, Perú	163
F. Alcántara, M. Guevara, P. Ramírez, C. Chávez, D. Del Castillo, S. Tello	
Avances en el cultivo de paiche <i>Arapaima gigas</i> en jaulas flotantes en el Lago Imiría, Perú	169
M. Rebaza, C. Rebaza, S. Deza	
Crecimiento compensatorio de alevinos paiche <i>Arapaima gigas</i>, en ambientes controlados	173
P. Padilla, A. García, M. Sandoval	
Produção intensiva de pirarucu, <i>Arapaima gigas</i>, na Amazônia central: gargalos e perspectivas para a aquíicultura	178
R. Roubach, M. Pereira-Filho, E. Akifumi, E. Gusmão, D. Rabello, B. Sagratzki, A. Bourdinhon, F. Fonseca, J. Campos, E. da Silva, J. Alves de Andrade, G. de Menezes, R. Soares, E. Brasil	

Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana (<i>Colossoma macropomum</i>)	184
F. Chu-Koo, C. Kohler	
Interacciones entre la temperatura, el tamaño, el crecimiento y la homogeneidad de tamaño en las larvas y juveniles del Paco <i>Piaractus brachyomus</i>	192
E. Baras, E. Flores	
Influencia del fotoperiodo y del ritmo de alimentación sobre la sobrevivencia larval del surubí (<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>)	199
R. Dugué, N. Corcuy, F. Duponchelle, J.F. Renno, M. Legendre, J. Nuñez	
Efecto del horario de alimentación en el crecimiento y sobrevivencia de larvas de doncella <i>Pseudoplatystoma fasciatum</i> (Pimelodidae)	205
P. Padilla, R. Dugué, R. Ismiño, F. Alcántara, F. Chu-Koo	
Colecta y adaptación de peces ornamentales amazónicos	209
C. Llontop, C. Díaz, M. Muñoz, J. Melgar	
Captura, adaptación y reproducción de peces ornamentales amazónicos, <i>Apistogramma spp.</i>, <i>Pyrrhulina sp.</i>	215
C. Díaz Cachay, C. Llontop, L. Clemente, M. Muñoz, J. Melgar	
Comportamiento reproductivo de cinco especies del género <i>Apistogramma</i> (Cichlidae) en ambientes controlados	222
R. Ismiño, P. Padilla	
Minimización del canibalismo en especies de peces con larvas piscívoras: estrategias y éxitos con el carácido <i>Brycon moorei</i>	227
E. Baras	
Efecto de dietas micro-encapsuladas suplementadas con enzimas digestivas, sobre el desarrollo de post-larvas de <i>Fenneropenaeus indicus</i>	234
S. Sirvas, D. Jones, J. Latchford	
Avances y potencialidades de la acuicultura en la Amazonía Boliviana	241
H. Corcuy	
Biodiversidad y piscicultura tropical: el modelo de los grandes bagres del sureste Asiático	251
M. Legendre, Y. Moreau, L. Pouyaud, J. Slembrouck	

Ecología
Biología
Pesca

Historia de vida del tucunaré, *Cichla monoculus*, en la Amazonía Boliviana

Fabrice Duponchelle^{1,2}, Fernando Carvajal², Jean-François Renno^{1,3},
Rémi Dugué^{1,4}, Jesús Nuñez^{1,3}

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail : fabrice.duponchelle@ird.fr, renno@univ-montp2.fr, nunez@ird.fr,
remi.dugue@ird.fr

² Universidad Mayor San Simón (UMSS), Cochabamba, Bolivia
fmcvalle@yahoo.com

³ Universidad Mayor San Andrés (UMSA), La Paz, Bolivia

⁴ Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM),
Santa Cruz, Bolivia

Palabras Claves: reproducción, talla de madurez, aguas claras y blancas

Resumen

El tucunaré *C. monoculus* es una de las especies de *Cichla* menos estudiadas en su ambiente natural, a pesar de su importancia para la pesca comercial, de subsistencia y recreativa. Sus características de reproducción fueron determinadas y comparadas en aguas blancas y claras de la Amazonía Boliviana. Nuestro estudio revela que el tucunaré en Bolivia presenta diferencias de rasgos de vida relacionadas con el tipo de aguas: blancas en el Río Mamoré y claras en el Río Iténez.

Introducción

Los *Cichla* spp. son los cíclidos mas grandes del Neotrópico. Son ampliamente distribuidos en las cuencas del Amazonas y del Orinoco, donde frecuentan mayormente las aguas claras y negras. Son conocidos como «tucunaré» en Brasil, Perú, Bolivia y Colombia, y como «pavones» en Venezuela.

Cinco especies validas son actualmente reconocidas: *C. intermedia*, *C. orinociensis*, *C. temensis*, *C. monoculus*, y *C. ocellaris* y muchas de ellas se encuentran en simpatria.

Debido a su voracidad y tenacidad, los tucunarés son muy apreciados por la pesca deportiva, lo que motivó la introducción de varias especies en muchos países. Los tucunarés representan también importantes recursos para la pesca comercial como para la pesca de subsistencia en toda su zona de distribución.

Pero a pesar de su importancia económica y recreativa, los tucunarés han sido muy poco estudiados en sus ambientes naturales. La mayoría de las informaciones disponibles sobre su ecología provenían de poblaciones introducidas hasta los trabajos recientes de Winemiller y sus colaboradores en Venezuela sobre *C. orinocensis*, *C. intermedia* y *C. temensis* (Jepsen *et al.*, 1997, 1999; Winemiller *et al.*, 1997; Winemiller, 2001). Sin embargo, fuera de Venezuela, las poblaciones naturales de tucunaré siguen poco estudiadas. En Bolivia, el tucunaré ha recibido aún menos atención. La única especie conocida es *C. monoculus* (Sarmiento, 1998). Se encuentra tanto en aguas claras-negras como en aguas blancas, pero con mayor abundancia en aguas claras y negras. Su distribución abarca todas las cuencas de la Amazonía Boliviana (Madre de Dios-Orthon, Béni, Yata, Mamoré e Iténez). *C. monoculus* siendo una de las especies menos estudiadas en condiciones naturales, los objetivos de este trabajo fueron de proporcionar informaciones sobre la ecología de *C. monoculus* en su ambiente natural, y de comparar sus rasgos de vida en aguas claras (Iténez) y blancas (Mamoré).

Metodología

La colecta de los especímenes fue llevada a cabo sobre más de dos ciclos anuales completos por la cuenca del Iténez (2002-2004) y un ciclo anual por la cuenca del Mamoré (2003-2004). Para la cuenca del Mamoré, los puntos de muestreo fueron ubicados cerca de San Ignacio de Moxos y en el Parque Isiboro-Sécure (o Parque TIPNIS) cerca de Santa Clara, y para la cuenca del Río Iténez en los Ríos San Martín y San Joaquín.

Las características de reproducción (época de reproducción, edad y tamaño de primera madurez sexual, fecundidad y tamaño de oocitos) y de crecimiento (utilizando otolitos) de *C. monoculus* fueron determinadas siguiendo métodos establecidos (Duponchelle & Panfili, 1998; Duponchelle *et al.*, 1999, 2000; Jepsen *et al.*, 1999) y comparadas entre poblaciones de aguas claras y blancas.

Los análisis de fecundidad y crecimiento siguen en proceso, así que presentaremos solamente los resultados relativos a las épocas de reproducción y tamaño de primera madurez .

Resultados y Discusión

Las hembras del Iténez alcanzaron la madurez sexual a un tamaño similar en los dos años de estudio (Tabla 1). Igualmente, los machos no presentaron diferencias de tamaño a la madurez sexual entre los dos años. Ambos sexos maduraron a tallas similares en la cuenca del Iténez.

Tabla 1. Tallas de primera madurez sexual de *C. monoculus* en aguas claras y blancas de la Amazonía Bolivia.

Cuenca	Sitio	Sexo	N	L ₅₀ (± SD) 2002-2003	N	L ₅₀ (± SD) 2003-2004
Iténez	San Martin- Joaquín	Hembras	328	179.18 ± 0.32	168	175.10 ± 34.97
		Machos	270	172.58 ± 0.22	187	169.41 ± 0.57
Mamoré	San Ignacio	Hembras			105	208.23 ± 1.32
		Machos				
	TIPNIS	Hembras			131	217.70 ± 0.53
		Machos				

Las hembras del Mamoré maduraron a una talla significativamente superior a las hembras del Iténez, pero no hubo diferencia entre los dos lugares de muestreo en el Mamoré. No se pudo determinar la talla de madurez de los machos del Mamoré por falta de individuos inmaduros en el muestreo. Sin embargo, los datos indicaron que su tamaño de primera madurez sería probablemente más pequeño que para las hembras.

La época de reproducción en el Iténez fue idéntica durante los dos años y medio de estudio. El ciclo reproductivo fue altamente estacional, empezando en Septiembre durante la época seca y terminando en Marzo, durante la crecida de las aguas (Fig. 1a).

Una muy buena correlación fue encontrada entre el ciclo de reproducción del tucunaré y el ciclo anual de fotoperiodo (Fig. 1b). La actividad sexual máxima coincidió con el periodo de días más largos y el mínimo de actividad con los días más cortos.

En el Mamoré, el periodo de reproducción del tucunaré fue más largo que en el Iténez (Fig. 2), empezando tres meses más temprano (en Junio) y terminando un mes antes (en Febrero).

Conclusiones

Las condiciones ambientales contrastadas encontradas en las aguas claras del Iténez y las aguas blancas del Mamoré generan diferencias significativas en las características de reproducción del tucunaré. La estructuración observada al nivel de los rasgos de vida es en concordancia con la fuerte estructuración genética encontrada entre las poblaciones de los diferentes ríos Bolivianos.

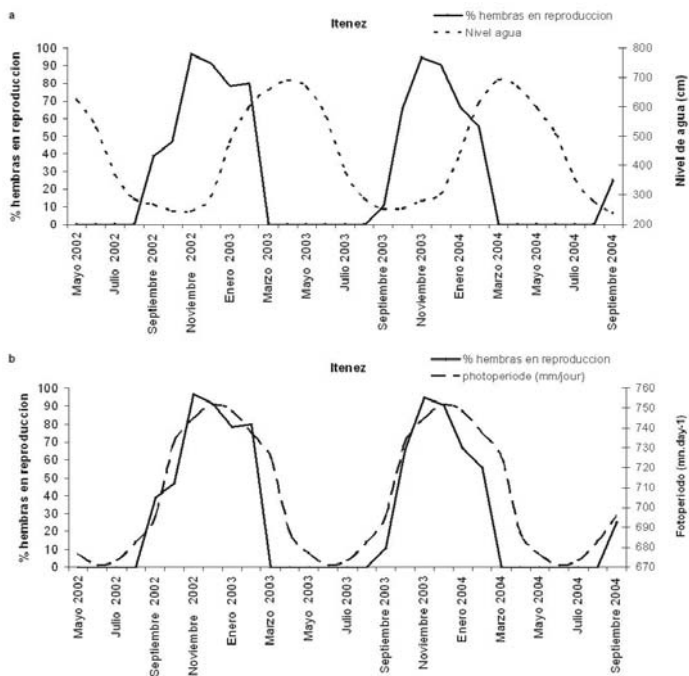


Figura 1. Época de reproducción del tucunaré en el Iténez en relación con el nivel de agua (a) y el fotoperiodo (b).

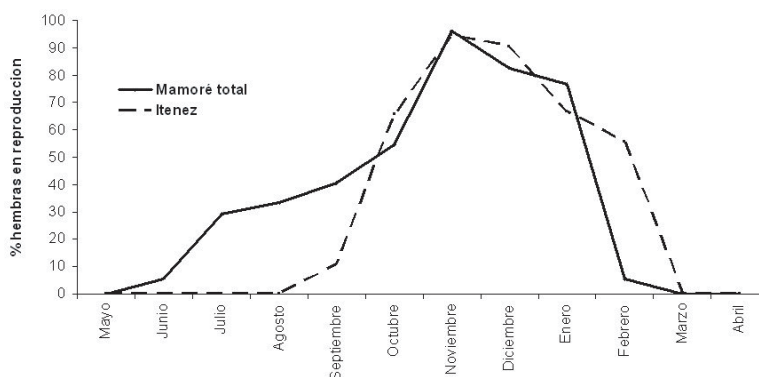


Figura 2. Época de reproducción del tucunaré en el Iténez y el Mamoré.

Referencias

- Duponchelle, F.; Panfili, J. 1998. Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, 52: 453-465.
- Duponchelle, F.; Cecchi, P.; Corbin, D.; Nuñez, J.; Legendre, M. 1999. Spawning season variations of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, 56: 377-389.
- Duponchelle, F.; Cecchi, P.; Corbin, D.; Nuñez, J.; Legendre, M. 2000. Variations in fecundity and egg size of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, 57: 155-170.
- Jepsen, D. B.; Winemiller, K. O.; Taphorn, D. C. 1997. Temporal patterns of resource partitioning among *Cichla* species in a Venezuelan blackwater river. *Journal of Fish Biology*, 51: 1085-1108.
- Jepsen, D. B.; Winemiller, K. O.; Taphorn, D. C.; Rodriguez Olarte, D. 1999. Age structure and growth of peacock cichlids from rivers and reservoirs of Venezuela. *Journal of Fish Biology*, 55: 433-450.
- Sarmiento, J. 1998. Ictiología del Parque Nacional Noel Kempff Mercado. In Killen, T. & Schulenberg, S. (Eds). A biological assessment of Parque Noel Kempff Mercado, Bolivia. RAP Working Paper 10, Washington D.C.: Conservation International. p. 174-180.
- Winemiller, K. O. 2001. Ecology of peacock cichlids (*Cichla spp.*) in Venezuela. *Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences*, 9: 93-112.
- Winemiller, K. O.; Taphorn, D. C.; Barbarino-Duque, A. 1997. Ecology of *Cichla* (Cichlidae) in two blackwater rivers of Southern Venezuela. *Copeia*, 4: 690-696.

Comportamiento reproductivo del tucunaré (*Cichla monoculus*) en el Río Paraguá, Santa Cruz, Bolivia

Huáscar Muñoz^{1,2}, Paul Van Damme², Fabrice Duponchelle^{1,3}

¹ Universidad Mayor de San Simón (UMSS), ULRA, Calle Sucre,
Parque la Torre, Cochabamba, Bolivia
e-mail: Huascar811@hotmail.com

² Asociación Fauna Agua, Arocagua s/n, Cochabamba, Bolivia
e-mail: Paul.vandamme@bo.net

³ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail: fabrice.duponchelle@ird.fr

Palabras Claves: Tucunaré, Reproducción, Nidos.

Resumen

Fueron estudiados la distribución y aspectos reproductivos de *C. cf monoculus* en el Río Paraguá, con un enfoque especial en el tamaño, distribución, profundidad y estructura de los nidos en el río mismo así como en las bahías laterales y centrales.

Introducción

El género *Cichla* es conocido como pavón en Venezuela y tucunaré en el resto de Sudamérica (Winemiller, 2001). Se reconocen cinco especies: *C. ocellaris*, *C. orinocensis*, *C. temensis*, *C. intermedia* y *C. monoculus* (Kullander & Nijssen, 1989). En Bolivia sólo se encuentra *C. monoculus* (Sarmiento, 1998).

El conocimiento de estos cíclidos está basado principalmente en estudios de poblaciones de peces introducidos (Zaret, 1980). Sólo recientemente se han iniciado los estudios sobre la ecología de *Cichla* en sus ambientes naturales (Jepsen *et al.*, 1997; Winemiller *et al.*, 1997; Winemiller, 2001). En Bolivia y en general la información sobre *C. monoculus* es escasa.

Se estudió la distribución y aspectos del comportamiento reproductivo del tucunaré, tales como la distribución, tamaño, forma y profundidad de los nidos.

Metodología

El estudio se realizó en el Río Paraguá (UTM: 63666/8494810; 64469/8486764), en el Departamento de Santa Cruz-Bolivia, entre Octubre y Noviembre de 2001. Se midió el ancho, profundidad máxima y transparencia del río y bahías. Se realizaron censos nocturnos en el cauce del río y en las bahías centrales y laterales, determinándose la abundancia en N° Ind/Km. Se contó el número de tucunarés solos, tucunarés en su nido y tucunarés en su nido con huevos o crías. Los métodos de pesca empleados fueron la zagalla y la lineada. Se observó si la giba era característica propia de los machos. El grado de maduración se determinó mediante la observación directa de las gónadas. Se estableció si se reproducen más de una vez durante la época de reproducción. Se calculó la fecundidad absoluta de 37 hembras. Se describió las características morfológicas de los nidos.

Resultados y Discusión

El cauce del río varió entre los 6 m y 180 m. La profundidad máxima varió desde 1 m hasta los 6 m, con un promedio de 1.83 ± 0.90 m (DS). La transparencia promedio del río fue de 1.2 ± 0.4 m (DS). La profundidad máxima en las bahías varió desde los 0.9 m a 5 m, y la transparencia promedio fue de 1.3 ± 0.3 m (DS). La densidad de tucunaré en el río varió entre 1 y 44 ind/km⁻¹ (media 10.4 ± 11.3 DS), en las bahías laterales entre 5 y 53 ind/km⁻¹ (media 25.3 ± 17.1 DS) y en las centrales entre 17 y 50 ind.km⁻¹ (media 28.3 ± 18.8 DS) (Fig. 1). Se observó diferencias en las densidades, entre las bahías laterales y el río (Kruskal-Wallis one-way Anova, $H=11.3$, $p=0.003$). Las densidades en las bahías laterales (Dunn's post-hoc test, $Q=3\ 004$, $p<0.05$) y centrales ($Q=2\ 291$, $p<0.05$) fueron mayores que en el cauce del río. La mayoría de las especies de *Cichla spp* tienden a preferir hábitats lenticos (Winemiller, 2001), con excepción de *C. intermedia*, que generalmente ocupa regiones correntosas del río (Jepsen *et al.*, 1997; Winemiller *et al.*, 1997).

Se determinó el sexo de 182 ejemplares de los cuales el 55% (N=101) eran machos y 45% (N=81) hembras. El ejemplar más pequeño fue una hembra de 15 cm (LT) y el más grande un macho de 55 cm (Tabla 1). La comparación de las curvas logaritmizadas longitud-peso entre hembras ($\text{Log } P = -1\ 775 + 2\ 965 * \text{Log } LT$; $R = 0.97$) y machos ($\text{Log } P = -2\ 532 + 3\ 449 * \text{Log } LT$, $R = 0.98$),

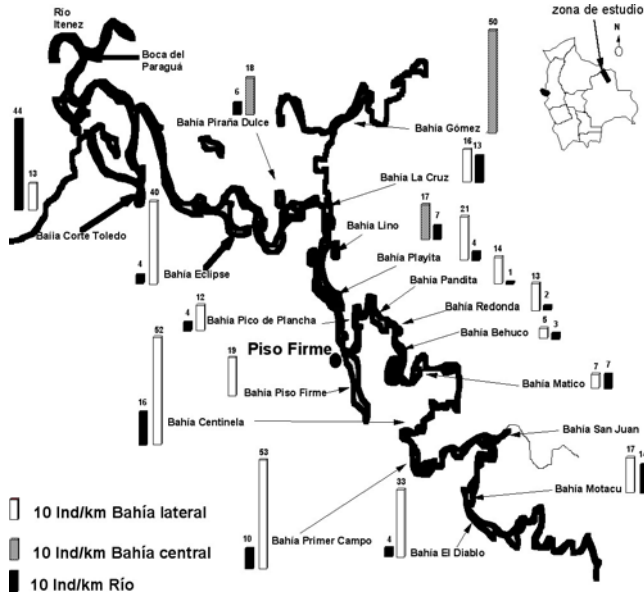


Figura 1. Densidad de *Cichla monoculus* (Ind/km) en bahías del río Paraguá

muestra que existen diferencias significativas entre sus pendientes (ANCOVA; $F_{3,174} = 21.43, p < 0.0001$), lo que indica que existe un dimorfismo sexual. Este dimorfismo sexual entre machos y hembras de *Cichla* ya fue documentado por otras especies (Lowe-McConnell, 1969; Zaret, 1980; Jepsen *et al.*, 1997).

Las hembras presentaron estados de maduración 3, 4 y 6-3, con la excepción de un ejemplar de 15 cm (estado 2). La presencia de una giba solo en los machos es conocida como una característica sexual secundaria (Lowe-McConnell, 1969; Zaret, 1980; Winemiller, 2001). En el Paraguá, la mayoría de los machos presentaron giba, al igual que una hembra que presentó una giba, pero no tan desarrollada como en los machos. Esto también fue observado en el Río San Martín (Iténez) (Duponchelle, datos no publicados). La mayoría de los estudios reportan que *Cichla* desova justo antes de y durante la primera parte de la estación de lluvias (Lowe-McConnell, 1969; Zaret, 1980; Jepsen *et al.*, 1997; Winemiller, 2001), al igual que en el Río Paraguá. Las hembras capturadas que se encontraban cuidando sus nidos con huevos y crías presentaron gónadas en

Tabla 1.- Longitud total y peso de *Cichla monoculus* en el Río Paraguá.

	N	Media longitud total (cm) (\pm SD)	Longitud mínima (cm)	Longitud máxima (cm)
Hembras	81	35.0 (\pm 4.8)	15.0	46.0
Machos	101	39.0 (\pm 5.9)	19.0	55.0
	N	Media peso (g) (\pm SD)	Peso mínimo (g)	Peso máximo (g)
Hembras	77	667.0 (\pm 228.0)	40.0	1 380.0
Machos	101	998.0 (\pm 429.4)	70.0	2 650.0

desarrollo avanzado, lo que indica que se reproducen más de una vez.

La fecundidad absoluta de *C. monoculus* se incrementó en función a la longitud total y el peso. El menor número de oocitos producidos fue de 3 712 (31 cm y 460 g) y un máximo de 10 355 oocitos (46 cm y 1380 g). Una similar fecundidad fue reportada para ésta especie por Cala *et al.* (1996) y Chellappa *et al.* (2003), con un promedio de 7 400 y 3 100 oocitos respectivamente.

Una vez que se ha formado la pareja, ambos se encargan de la construcción del nido, formando un nido circular que no excede los 2 m de diámetro, con una depresión en la parte central de aproximadamente 20 cm. Atravesando el nido se encuentra una rama delgada (10 cm diámetro). *C. orinocensis* fue observado anidando aisladamente en muchos ríos y reservorios, pero algunos forman agregaciones (Winemiller, 2001). Así mismo se reporta que *C. temensis* forma agregaciones debido a limitación de espacio más que a un instinto social. En el río Paraguá, se observaron nidos formando agregaciones, hasta 18 nidos en 50 m², sin embargo estas agregaciones no fueron debido a falta de espacio, ya que muchas zonas con condiciones adecuadas no se observó ningún nido. De los 90 nidos medidos, ninguno superó el metro de profundidad (Tabla 2).

La estructura de los nidos vario de un ambiente a otro (Fig. 2). El diámetro fue diferente en los tres ambientes (one-way Anova, $F=57.506$, $df=2$, $p<0.001$). Fueron más pequeños en el río que en las bahías centrales (Tukey post-hoc test, $q=14.761$, $p<0.01$) y bahías laterales ($q=5.677$, $p<0.01$) y más grandes en las bahías centrales que en las bahías laterales ($q=10.301$, $p<0.01$).

La profundidad mínima de los nidos no difieren en los tres tipos de ambientes (one-way Anova, $F=1.303$, $df=2$, $p=0.286$).

Tabla 2. Profundidad de los nidos de *C. cf monoculus* en los diferentes ambientes.

	N	Profundidad mínima (cm) del borde del nido \pm SD	Profundidad máxima (cm) del centro del nido \pm SD	Diámetro (cm) \pm SD
B. Central	20	52.5 \pm 6.8	86.6 \pm 7.9	139.9 \pm 16.5
B. Lateral	47	52.1 \pm 10.6	65.3 \pm 10.8	87.9 \pm 19.4
Río	23	46.7 \pm 5.5	58.3 \pm 8.8	57.4 \pm 11.4

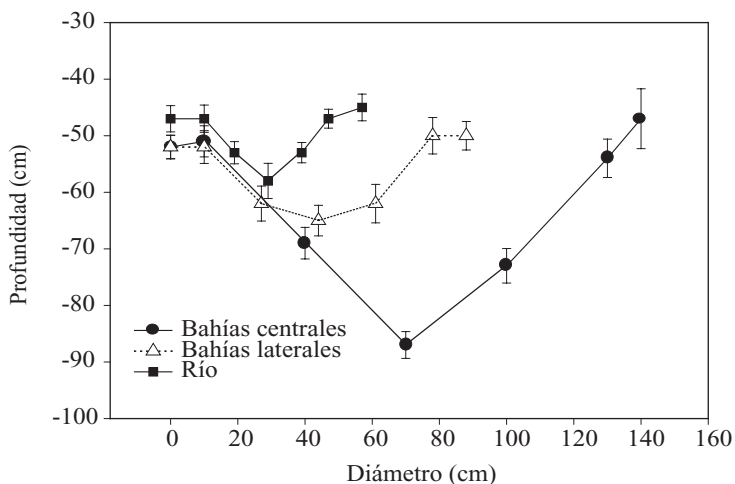


Figura 2. Perfil de los nidos (media \pm ES) de *C. monoculus* en el río y bahías del Paraguá.

La profundidad máxima si difiere ($F=24.684$, $df=2$, $p<0.001$), siendo más profundos en las bahías centrales que en el río (Tukey post-hoc test, $q=9.041$, $p<0.01$) y en las bahías laterales ($q=8.087$, $p<0.01$). Sin embargo, la profundidad máxima no difiere entre las bahías laterales y el río ($q=2.387$, $p>0.05$).

De los 291 nidos observados, 40 tenían crías, de los cuales 12 no presentaron la típica rama, encontrándose en lugares más protegidos, lo que indicaría que las crías fueron trasladadas de nido para un mejor cuidado y protección

Referencias

- Cala, P.; Gonzalez, E.; Varona, M. P. 1996. Aspectos biológicos y taxonómicos del tucunaré, *Cichla monoculus* (Pisces: Cichlidae). *Dahlia*, 1: 23-37.
- Chellappa, S.; Câmara, M. R.; Chellappa, N. T.; Beveridge, M. C. M.; Huntingford, F. A. 2003. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*, 63: 17-26.
- Jepsen, D. B.; Winemiller, K. O.; Taphorn, D. C. 1997. Temporal patterns of resource partitioning among *Cichla* species in a Venezuelan blackwater river. *Journal of Fish Biology*, 51: 1085-1108.
- Kullander, S. O.; Nijssen, H. 1989. *The Cichlids of Surinam: Teleostei, Labroidei*. Leiden, The Netherlands: Brill, E.J.
- Lowe-McConnell, R. H. 1969. The cichlid fishes of Guyana, South America, with notes on their ecology and breeding behaviour. *Zoological Journal of the Linnaean Society*, 48: 255-302.
- Sarmiento, J. 1998. Ictiología del Parque Nacional Noel Kempff Mercado. In (Killen, T. & Schulenberg, S., eds) *A biological assessment of Parque Noel Kempff Mercado, Bolivia*. *RAP Working Paper 10*, p. 174-180. Washington D.C.: Conservation International.
- Winemiller, K. O. 2001. Ecology of peacock cichlids (*Cichla* spp.) in Venezuela. *Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences*, 9: 93-112.
- Winemiller, K. O.; Taphorn, D. C.; Barbarino-Duque, A. 1997. Ecology of *Cichla* (Cichlidae) in two blackwater rivers of Southern Venezuela. *Copeia*, 4: 690-696.
- Zaret, T. M. 1980. Life history and growth relationships of *Cichla ocellaris*, a predatory South American cichlid. *Biotropica*, 12: 144-157.

Biología reproductiva del Bujurqui *Cichlasoma amazonarum* (Kullander, 1983) en ambientes controlados

Melyna Silva P.¹, Fernando Alcántara B.^{1,2}, Marina del Aguila P.¹

¹Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Iquitos, Perú
e-mail: marinadelaguila58@yahoo.es

²Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Iquitos, Perú
e-mail: alcanf@iiap.org.pe

Palabras Claves: peces, *Cichlasoma amazonarum*, reproducción, estanques

Resumen

Cuatro estanques de tierra (70 m², 0.80 m prof.) fueron sembrados con 1 120 bujurquis *Cichlasoma amazonarum* (Kullander 1983) a una densidad de 4 peces/m², y en seis acuarios (80 L) en parejas en etapa reproductiva (8 cm y 13.7 g promedio) para evaluar aspectos y comportamiento reproductivo. Del análisis 512 individuos muestreados, se tubo como resultado, que el ciclo reproductivo para *C. amazonarum* está dividido en 4 etapas de maduración para machos y hembras: I = Inmaduro II = En maduración, III = Maduro y IV = Parcialmente desovada (hembras) y exhausto (machos), se reproduce en forma continua en ambientes controlados, presentó una baja fecundidad 531±187 ovocitos y una fecundidad media relativa de 48±11 ovocitos). La talla de la primera madurez sexual en machos fue mayor (8.2 cm LT) que el de las hembras (6.5 cm LT).

Introducción

Cichlasoma amazonarum, Kullander (1983), es una especie nativa de la cuenca amazónica, perteneciente a la Familia Cichlidae, comúnmente conocido con el nombre de «bujurqui». Se caracteriza por presentar una coloración pardo oscura y una banda lateral que se extiende desde la parte superior del opérculo hasta la base de la aleta caudal, con una mancha oscura bien pronunciada en la parte media de la banda y otra mancha oscura oval en la base superior de la aleta caudal; la aleta dorsal presenta 15 a 16 espinas y de 10 a 11 radios, los radios posteriores medios son prolongados en filamento y la aleta anal con 4 a 5 espinas con presencia de pequeñas escamas ctenoideas en su base (Rodríguez, 1997).

La posibilidad de usar peces como alimento para la producción de especies de mayor valor comercial ha hecho que el *C. amazonarum* reciba la atención de muchos piscicultores debido a su régimen alimenticio omnívoro, porte pequeño y capacidad de reproducirse naturalmente en estanques de cultivo.

En este contexto, Alcántara (1993) efectuó un cultivo preliminar bajo el sistema predador-presa entre *Pseudoplatystoma tigrinum* (predador), *Pseudoplatystoma fasciatum* (predador) y bujurqui *Cichlasoma bimaculatus* (presa) con resultados alentadores. El mismo autor (1993) realizó la cría de alevinos de paiche, *Arapaima gigas*, utilizando *C. bimaculatus* en estanques seminaturales. Actualmente, se viene realizando el cultivo de alevinos de *A. gigas* en estanques de productores a lo largo de la Carretera Iquitos-Nauta (Región Loreto, Perú) estos piscicultores utilizan como alimento diversas especies de peces, entre ellas el *C. amazonarum*. Sin embargo, las posibilidades de usar esta especie en la cría de otras más importantes, desde el punto de vista comercial, están limitadas porque se desconocen aspectos básicos sobre su biología reproductiva. Este factor constituye en la actualidad un cuello de botella en el desarrollo de programas de producción semi intensiva ó intensiva, bajo el sistema predador-presa.

De este modo, el objetivo del presente trabajo fue estudiar los aspectos más importantes de la biología reproductiva del *C. amazonarum*, en ambientes de cultivo con la intención de: 1) estimar la fecundidad, 2) índice gonadosomático, 3) talla de primera madurez, 4) elaborar una escala empírica de madurez para la especie y 5) determinar el número de huevos y crías obtenidas por desove.

Metodología

Se utilizaron cuatro estanques de tierra (70 m², 0.80 m prof.) en el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), para evaluar aspectos reproductivos del *C. amazonarum* en general (proporción sexual, Tasa de Crecimiento Específico-SGR, tamaño de la primera madurez, fecundidad, Índice Gonadosomático-IGS, escala de madurez sexual), y seis acuarios (80 L) para poder observar con claridad el comportamiento reproductivo y otros aspectos reproductivos (numero de huevos por puesta, tasa de eclosión, desarrollo embriológico).

Se sembraron 120 peces (densidad: 4/m², peso 13.1 g, longitud 7.2 cm LT). En cada pecera se colocó una pareja en edad reproductiva, con promedio de 8 cm de longitud y una peso promedio de 13.7 g. Se muestreo bimensualmente un total de 512 ejemplares. Se proporciono alimento artificial *ad libitum* del 28 % PB en estanques (debido a la productividad e insectos) y en acuarios 45% PB con una oferta de alimento al

5% de la biomasa total ajustándola cada dos semanas, complementada con nauplios de *Artemia* o larvas de mosca (*Chironomus*), a 1 g/día.

Proporción Sexual: Información analizada utilizando el test Chi-square (χ^2), de acuerdo a Vazzoler (1996):

Talla de primera madurez: se determinó agrupando los individuos maduros por sexo (a partir del estadio II hasta el IV), y por clase de longitud siguiendo la metodología descrita por Vazzoler (1996).

Escala de madurez sexual: se determinó para ambos sexos, considerando las siguientes características externas de las gónadas: tamaño, presencia de productos sexuales, irrigación sanguínea y textura.

Fecundidad: fue estudiada en 65 hembras en estadio IV, cuyas tallas estuvieron comprendidas entre 4.3 a 11.1 cm. Se utilizó el método de conteo de óvulos (método directo).

Índice Gonadosomático (IGS): en hembras, aplicando la fórmula descrita por García y Rodríguez (1993).

Determinación del número de huevos y larvas por desove: se utilizaron 16 individuos (8 hembras y 8 machos) de *Cichlasoma amazonarum* adultos.

Resultados y Discusión

Después de 8 meses de colecta se obtuvieron los siguientes resultados.

Determinación del número de huevos y de larvas. *Primer desove*: se obtuvo de uno de los estanques, con un desove de 735 huevos fecundados eclosionaron 311 (42.54%). *Segundo desove*: se obtuvo en una de las peceras, con un desove de 670 huevos, donde eclosionaron 415 huevos (61.94 %).

Desarrollo ontogénico: los huevos obtenidos producto del desove en la pecera, fueron retirados a las 24 horas, y fueron trasladados a una pecera pequeña equipada con aireador, con el fin de hacer el seguimiento del desarrollo ontogénico. Los huevos fértiles eclosionaron después de las 72 horas de la puesta, las larvas se van desprendiendo de una sustancia mucilaginosa a la que se encontraban adheridas en el sustrato, y se desplazan hacia el fondo de la pecera; posteriormente empiezan a nadar dirigiéndose hacia la superficie del agua y volviendo nuevamente hacia el fondo de la pecera en forma continua.

El saco vitelino es reabsorbido totalmente después del 4 día, en este momento la boca ya se encuentra completamente formada y las larvas comienzan a comer, para el caso se suministró alimento vivo: fitoplancton y zooplancton.

Proporción Sexual Global: Existe predominancia de machos en la población de *C. amazonarum*, de un total de 512 ejemplares, 306 ejemplares machos representan el 59,7% de la muestra y con 206 ejemplares hembras corresponden al 40,3%. La proporción de sexos en relación al tiempo, demostró que en diez muestreos realizados hay mayor predominancia de machos. Alcántara & Guerra (1985) mencionan que el cíclido *Cichla ocellaris* «tucunaré» presenta un crecimiento de tipo alométrico y diferencial para cada sexo con una proporción de 2:1 a favor de los machos.

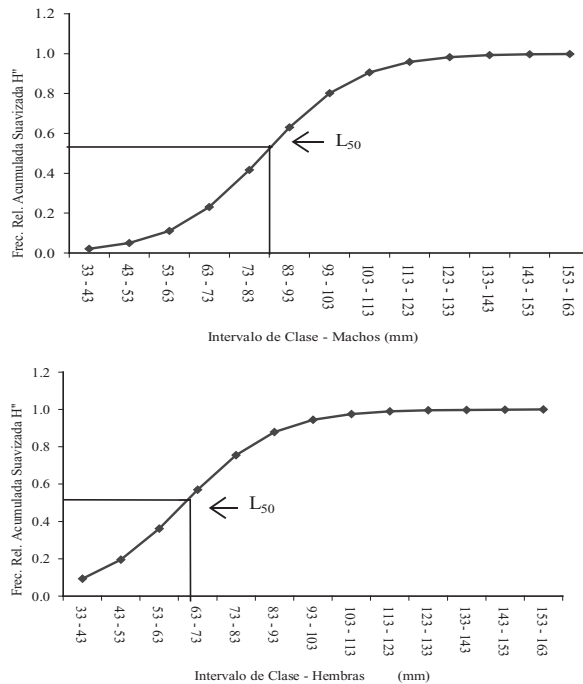


Figura 1. Talla de la primera madurez sexual para el *Cichlasoma amazonarum*: machos y hembras.

La longitud en el que el 50% de machos (Fig. 1a) y hembras (Fig. 1b) alcanza la talla media de maduración, para el caso de los machos fue a los 8.2 cm de longitud total (LT), mientras que las hembras fue a los 6.5 cm LT.

La fecundidad absoluta varió entre 297 a 787 ovocitos (media 531 ± 187.0) (Tabla 1). Así mismo, la fecundidad relativa varió entre 26.5 a 55 ovocitos/g pez (media 48.1 ± 10.8 ovocitos/g pez), de lo que se desprende que la fecundidad de *C. amazonarum* es baja. Dentro de esto se encontró que la fecundidad absoluta

media en las hembras maduras examinadas fue de 529 óvulos, determinándose una mayor relación entre la longitud y el peso del pez, observándose al mismo tiempo una declinación en la fecundidad en los ejemplares más grandes que oscilaron entre los rangos 10.3 – 11.3. Este coincide con Babiker y Ibrahim (1979), quien reportan que la fecundidad del cíclido *Oreochromis niloticus* aumenta a medida que el pez aumenta de longitud. Sin embargo en los ejemplares mas grandes (a partir de 55 cm) para esta especie la fecundidad declina, también fue observado que la especie *C. amazonarum* cuida a su prole.

Tabla 1. Tamaño de la primera madurez en machos (8.2 cm) y en hembras (6.5 cm TL).

Intervalo de Clase (cm)	Peso del pez (g)	Peso de ovarios (g)	Fecundidad Absoluta	Fecundidad Relativa
4.3 – 5.3	5.4	0.1	297	55.0
5.3 – 6.3	6.7	0.24	293	43.6
6.3 – 7.3	8.6	0.31	520	60.3
7.3 – 8.3	12	0.37	538	49.0
8.3 – 9.3	13.4	0.56	707	42.7
9.3 – 10.3	19.6	0.56	787	40.2
10.3 – 11.3	21.6	0.3	573	26.5
			X = 531	X = 48.1
			DS= 187.1	DS = 10.8

Potvin (1997) menciona que *C. amazonarum* realiza cuidado parental, confirmándose de este modo el principio biológico formulado por Lagler *et al.* (1962), quien menciona que la fecundidad es inversamente proporcional al grado de cuidado parental en una especie dada. Dicho de otro modo, especies que tiene elevado número de huevos no proporcionan cuidado parental en tanto que aquellas que producen pocos huevos si proveen cuidado parental a su prole. Este comportamiento se repite para otras especies de cíclidos, tal como ocurre con el tucunaré *C. ocellaris* Fontenelle (1950) entre otros cíclidos como: *Apistograma pandurini*, *A. eunotus*, *A. goscei*. (Ismiño 2003, com. pers.).

Escala de maduración sexual

Estadio I. Inmaduro: Ovarios redondeados translúcidos amarillo oscuro. Óvulos no visibles a simple vista. Testículos filamentosos y transparentes.

Estadio II. En maduración: Ovario amarillo oscuro, óvulos pequeños amarillo pálido (3) y ocupan la mitad de la cavidad abdominal. Testículos alargados blancos translúcidos, irrigación sanguínea leve.

Estadio III. Maduro: Irrigación sanguínea bien acentuada, óvulos grandes amarillo oscuro, ovarios ocupan toda la cavidad abdominal. Testículos blancos translúcidos, irrigación sanguínea bien pronunciada y secreción lechosa a leve presión.

Estadio IV. Parcialmente desovado (hembras) y agotados (machos): Ovarios flácidos, pocos óvulos pequeños amarillo pálidos. Testículos alargados blancos translúcidos con poca o no presencia de semen, irrigación sanguínea bien pronunciada.

Cichlasoma amazonarum criados en estanques de cultivo presentaron un periodo reproductivo continuo, verificándose con los datos de cada muestreo realizado; la observación macroscópica de las gónadas mostró la presencia de ovocitos en diferentes fases de desarrollo, según Novoa (1965), la presencia de ovocitos en fases de desarrollo intermedio, entre inmaduros y maduros en el ovario de un mismo pez, indica desove parcelado, es así que junto con el periodo prolongado de reproducción que se observa a través del índice gonadosomático y el hecho de encontrar ejemplares en diferentes estadios de madurez, se admite que *C. amazonarum* se considera dentro de las especies de desove parcelado.

Referencias

- Alcántara, F. 1993. Cultivo de «Paiche», *Arapaima gigas*, utilizando «Bujurqui» *Cichlasoma bimaculatum* como presa. *Folia Amazónica*, Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. IIAP. Vol. I-N°1. Iquitos-Perú 1, 129-141.
- Alcántara, F.; Guerra, H. 1985. Algunas consideraciones biológicas del tcunaré *Cichla ocellaris* Schneider. *Folia Amazónica*, Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos, Perú, 13-25
- Babiker, M.; Ibrahim, H. 1979. Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity. *Journal Fish Biology*, 14: 437-448.
- García, A.; Rodríguez, R.; Montreuil, V. 1996. Longitud de primera maduración y época de desove de Dorado (*Brachyplatystoma flavicans*) en la Amazonía Peruana. *Boletín científico. Santa Fe de Bogotá - Colombia* 5, 17 p.
- Novoa, D. F. 1965. Aspectos de la biología de las principales especies comerciales en el río Orinoco. *Corporación Venezolana de Guyanas*. Caracas - Venezuela. 310 p.
- Vazzoler, A. 1996. Biología da Reprodução do Peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM, São Paulo: SBI. 169 p.

Aspectos reproductivos de dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*, en la Amazonía Peruana

Áurea García Vásquez¹, Jesús Nuñez², Jean François Renno²,
Fabrice Duponchelle²

¹ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Programa de Ecosistemas Acuáticos. Avenida Abelardo Quiñones, Km. 2.5. Apartado postal 784, Iquitos, Perú
e-mail: aureagarcia@yahoo.com

² Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET, BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail: renno@univ-montp2.fr, nunez@ird.fr, fabrice.duponchelle@ird.fr

Palabras Claves: *Brachyplatystoma rousseauxii*, talla de primera madurez, período reproductivo

Resumen

Se presenta los resultados del estudio sobre la biología reproductiva del dorado *Brachyplatystoma rousseauxii* realizado por un periodo de 5 años (1995-1999) en Iquitos, Amazonía Peruana. La longitud media de madurez sexual varió de 105.6 a 114.6 cm en hembras y 94.6 a 100.9 cm en machos respectivamente, siendo las hembras las que mayores longitudes alcanzaron. El período de reproducción ocurre entre los meses de Mayo a Noviembre, con mayor intensidad en Agosto y Septiembre coincidiendo con el descenso del nivel de las aguas.

Introducción

Brachyplatystoma rousseauxii, conocido comúnmente como dorado pertenece al grupo de los siluriformes y es considerado como la especie de mayor valor comercial en los desembarques de Iquitos. De acuerdo a las estadísticas pesqueras registradas en los últimos años (1996-2003) esta especie representó el 18% de los desembarques, ocupando el segundo lugar en la composición de especies dentro del grupo de los grandes bagres. A pesar de su importancia, son escasos los estudios relacionados sobre su biología en la Amazonía Peruana, lo que dificulta la implementación de estrategias de conservación y uso sostenible de esta especie.

El propósito de este documento es proporcionar información relacionada a aspectos biológicos pesqueros, que contribuyan a la adopción de medidas de manejo.

Metodología

Se colectó información de desembarque de dorado en un período de 5 años (1995-1999), procedente de las cuencas del Ucayali, Marañon y Amazonas peruano, capturado por la flota pesquera especializada en grandes bagres.

De cada ejemplar se registró la longitud a la horquilla (cm), el peso (g), y el estadio de maduración de las gónadas según García *et al.* (1996). La longitud media de madurez sexual se determinó ajustando la proporción de individuos maduros durante la época de reproducción, por intervalos de 10 mm de longitud a la horquilla, a una función logística, utilizando una regresión no lineal, ponderado por el número total de individuos en cada clase de longitud (Duponchelle & Panfili 1998).

$$\%MF = \frac{1}{1 + e^{(-a \times (L - L_{50}))}}$$

donde %MF = porcentaje de hembras maduras por clase de longitud

L = valor central de cada clase de longitud

L₅₀ = valores constantes del modelo.

La época de reproducción fue determinada mediante el análisis de la frecuencia mensual de especímenes sexualmente activos, según la escala de maduración gonadal utilizada en García *et al.* (1996). Para este análisis solo fueron considerados ejemplares hembras.

Resultados y Discusión

Longitud media de madurez sexual

La Figura 1 y la Tabla 1 muestran la longitud promedio de madurez sexual de dorado durante 5 años consecutivos (1995 a 1999). Se notó variaciones inter-anales en la longitud promedio de madurez tanto para hembras como para machos (Tabla 1). Las longitudes medias de madurez variaron entre 105.5 y 114.5 cm en hembras y entre 94.3 y 100.8 cm en machos. Durante los 5 años del estudio, la longitud media de madurez de las hembras fue superior a la de los machos (Fig. 1).

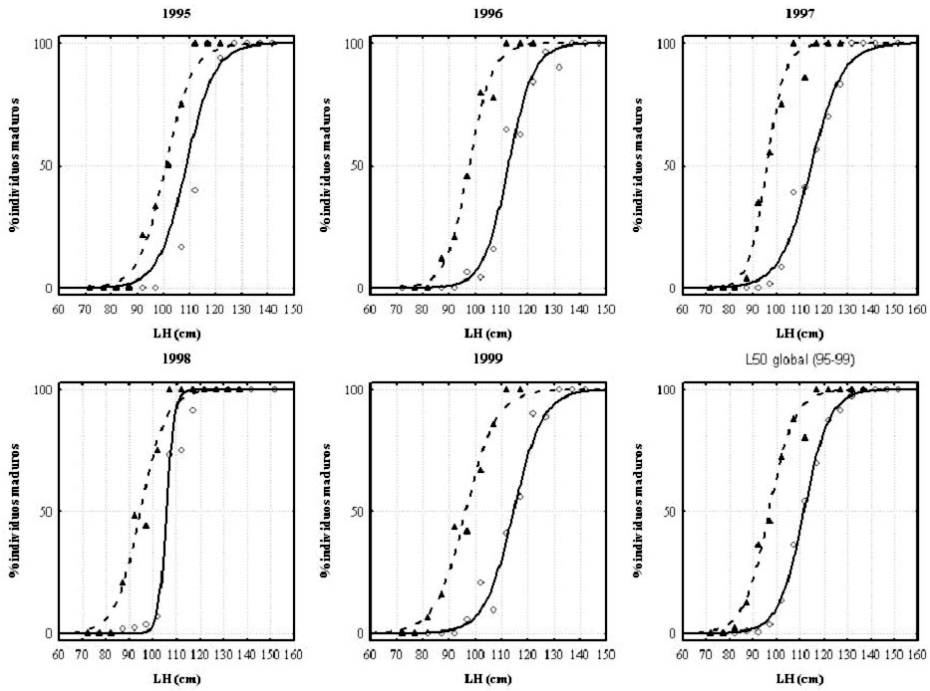


Figura 1. Longitud media de madurez sexual (longitud a la horquilla) de *Brachyplatystoma rousseauxii* entre 1995 – 1999 en Iquitos. Círculos blancos representan a hembras y triángulos negros a machos.

De lo anterior se evidencia que existe dimorfismo sexual a nivel de tallas, siendo las hembras las que mayores longitudes alcanzan (García *et al.*, 1996), lo cual puede ser considerado como estrategia para el aumento de la fecundidad (Isaac *et al.*, en prensa citado en Villacorta, 1997). Al analizar las longitudes promedio de captura por sexo y para cada año (Tabla 1) se encontró que estas son inferiores a la talla promedio de madurez lo cual evidencia que los niveles de captura a la que está sometida esta especie está afectando su recuperación natural ya que el criterio ideal es mantener la talla media de captura igual o superior a la talla media de madurez lo cual garantiza que por lo menos el 50% del stock capturado se haya reproducido (Valderrama *et al.*, 1988). Bajo este contexto se hace necesario, establecer la longitud promedio de captura en 115 cm de longitud a la horquilla (se adopta la talla de primera madurez de hembras por ser esta mayor a la de los machos) modificando la actual talla mínima de captura reglamentada en 115 cm de longitud total de acuerdo al reglamento de ordenamiento pesquero de la Amazonía

Peruana (2001), si tenemos en consideración la longitud media de madurez determinado por García *et al.* (1996), en 127.5 cm (hembras) y 107 cm (machos) de longitud total nos indica que solo se estuvo garantizando la maduración de los machos creando un riesgo en la reproducción de las hembras ya que la L_{50} (127.5cm) es 12.5 cm mayor a la talla mínima establecida.

Tabla 1. Longitud media de madurez sexual (a la horquilla) y longitudes promedio de captura de dorado durante los años 1995 al 1999 en Iquitos.

Año	N	Sexo	L50 (cm) ± SEM	Longitud promedio de captura (LH)
1995	263	H	108.7 ± 0.68	103.8
	197	M	100.9 ± 0.24	89.9
1996	195	H	112.6 ± 0.20	103.8
	149	M	97.6 ± 0.11	89.8
1997	367	H	114.6 ± 0.17	99.3
	277	M	95.8 ± 0.11	87.4
1998	320	H	105.6 ± 0.08	95.8
	286	M	94.6 ± 0.18	86.3
1999	367	H	114.5 ± 0.17	98.4
	332	M	96.3 ± 0.17	86.1
Global	1346	H	111.5 ± 0.03	98.7
	1117	M	96.7 ± 0.06	87.2

Período reproductivo

El período reproductivo de *Brachyplatystoma rousseauxii* varió de un año a otro, siendo más corto en 1997 y 1999 que en los otros años (Fig. 2). En 1995 se observan dos picos de reproducción uno de Junio a Julio y otro de Noviembre a Diciembre, probablemente debido al número débil de muestras en los meses de Agosto a Octubre. Es muy probable que la época de reproducción haya durado de Junio a Noviembre-Diciembre en 1995. En 1996, no hubo muestreo entre Marzo y Junio, pero es probable que la reproducción haya empezado en Mayo como en los otros años. El inicio de la época de reproducción fue relativamente estable a lo largo de los cinco años, empezando generalmente en Mayo, con una ligera actividad en Abril de 1999. El fin de la época de reproducción fue variable, terminando entre Noviembre y Diciembre según los años y excepcionalmente en Agosto en 1999. Sin embargo, el período reproductivo en 1999 finalizó antes de lo esperado,

relacionado, probablemente, al sesgo en la colecta de información ya que en este año se colectó información hasta Octubre y los ejemplares maduros en su mayoría comenzaron a llegar eviscerados a partir del mes de Agosto. Los problemas de muestreo mencionados para 1995 y 1999 podrían también explicar las variaciones inter-anales en la intensidad de la actividad sexual, ya que el pico de actividad se observó casi siempre en Agosto para los años sin problemas de muestreo.

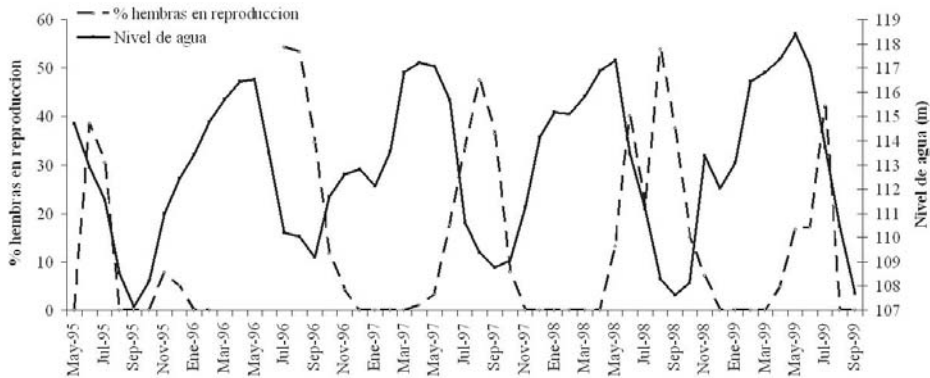


Figura 2. Período reproductivo del dorado *Brachyplatystoma rouseauxi* entre 1995 y 1999, en relación con las variaciones del nivel del río.

La mayor actividad reproductiva del dorado coincide con el descenso del nivel de las aguas incluyendo el mínimo nivel del río (Fig. 2). Esta estrategia es inversa a la de la mayoría de las especies amazónicas cuyo período reproductivo coincide con el aumento del nivel de las aguas (Tello *et al.*, 1992; Isaac *et al.*, 2000). Este desfase podría ser una estrategia por ser una especie depredadora (Agudelo *et al.*, 2000) garantizando una mayor disponibilidad de alimento debido a que las poblaciones de peces presa se concentran en el canal principal del río por la retracción de las aguas, período en que se vuelven más vulnerables a los depredadoras. Sin embargo, especies carnívoras, como *Pseudoplatystoma spp* perteneciente a los pimelódidos, se reproducen durante las aguas altas y no durante las aguas bajas. Esta particularidad del dorado podría ser una estrategia para asegurar que las larvas no se dispersen lateralmente en las planicies de inundación. Quedándose en el curso principal del río, tienen más posibilidades de llegar hasta la desembocadura del Amazonas, donde probablemente pasen sus primeros años (Barthem & Goulding, 1997).

Referencias

- Agudelo, E.; Salinas, Y.; Sánchez, C. L.; Muñoz, D. L.; Alonso, J. C.; Arteaga, M. E.; Rodríguez, O. J.; Anzola, N. R.; Acosta, L. E.; Núñez, M.; Valdés, H. 2000. Bagres de la Amazonía Colombiana: Un recurso sin fronteras. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI.
- Barthem, R. & Goulding, M. 1997. The catfish connection. Ecology, migration and conservation of Amazon predators. Columbia University Press, New York.
- Duponchelle, F.; Panfili, J. 1998. Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, 52: 453-465.
- García, A.; Rodríguez, R.; Montreuil, V. 1996. Longitud de primera maduración y época de desove de dorado *Brachyplatystoma flavicans* en la Amazonía Peruana. *Boletín Científico del INPA* N° 4: 5-17. Bogotá, Colombia.
- Isaac, V.; Rocha, V.; Mota, S. 2000. Ciclo reproductivo de algunas especies de peces del medio Amazonas. *IBAMA* (Colección Medio Ambiente. Serie Estudios de Pesca).
- Tello, S.; Montreuil, V.; Maco, J.; Ismiño, R.; Sánchez, H. 1992. Bioecología de peces de importancia económica de la parte inferior de los ríos Ucayali y marañón, Perú. *Folia Amazónica*, 4:
- Valderrama, M.; Zarate, M.; Vera, G.; Moreno, C.; Caraballo, P.; Martínez, J. 1988. Determinación de la talla media de madurez y análisis de la problemática con referencia a las tallas medias de captura del bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) Linnaeus 1766 (Pisces: Pimelodidae), en la cuenca del río Magdalena, Colombia. *Trianea, Act. Cient. Tec. - INDERENA* (2).
- Villacorta, M. 1997. Estudo de idade e crescimento do tambaqui *Colossoma macropomum* (Characiformes: Characidae) no Amazonas central pela análise de marcas sazonais nas estruturas mineralizadas e microestruturas dos otolitos. Manaus, INPA/UFAM. Tese de Doutorado.

Definición del stock pesquero del dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) en la cuenca Amazónica a través de su estructura por edades

Juan Carlos Alonso¹, Nidia Noemí Fabré²

¹Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), Colombia

e-mail: jalonso@sinchi.org.co;

²Universidade Federal do Amazonas (UFAM),

Instituto de Ciências Biológicas, (ICB), (Brasil)

e-mail: tchoni1@uol.com.br

Palabras clave: Dorado, *Brachyplatystoma rousseauxii*, Distribución por edades, unidad poblacional.

Resumen

Teniendo en cuenta la importancia del dorado para la pesca comercial a lo largo del eje central del Río Amazonas, fueron colectados en los seis principales centros de desembarque, datos de tamaño y muestras de otolitos *lapillus* para verificar el patrón espacio-temporal de su estructura poblacional. La pesquería explota todas las clases de tamaño conocidas de la especie, con excepción de los individuos menores a 20 cm y actúa intensamente sobre el grupo de dorados con dos años de edad y 80 cm de longitud promedio. Teniendo en cuenta la relativa estabilidad de la estructura por edades encontrada a lo largo del sistema para cada una de las seis regiones estudiadas, se infiere que las flotas pesqueras de Brasil, Colombia y Perú, están actuando sobre un único stock pesquero.

Introducción

Las estimativas sobre la producción pesquera del grupo de grandes bagres amazónicos (Siluriformes: Pimelodidae), indican que las capturas con fines comerciales en Bolivia, Brasil, Colombia y Perú alcanzan niveles superiores a 30.000 t año⁻¹ (FAO-COPESCAL, 2000). No obstante el volumen real puede ser tres veces mayor, si se consideran las capturas que el actual sistema de monitoreo en cada país no logra contabilizar, sumadas a las destinadas para el consumo local que tampoco entran en los registros (FAO-COPESCAL, 2000).

La mayor parte de ese volumen comercializado corresponde a 14 especies de bagres, de las cuales se considera que el dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) es el más pescado a lo largo de la cuenca amazónica; en Brasil el dorado y pirabutón (*Brachyplatystoma vaillantii*) son los más importantes y en Colombia y Perú son los dorados y pintadillos (*Pseudoplatystoma* spp.) (Barthem & Goulding, 1997; Rezende, 1999; FAO-COPESCAL, 2000; Fabré *et al.*, (Eds.), 2000; Gallo, 2000). Bajo este contexto y con el objeto de aportar elementos técnicos que contribuyan en la definición de estrategias conjuntas entre los países que pescan el dorado, se determinó y comparó su estructura por edades para seis regiones a lo largo del eje central del Río Amazonas.

Metodología

Los muestreos se realizaron entre julio y diciembre de 1999 en los principales puertos de desembarque de bagres del Río Amazonas: Estuario, Santarém, Manaus y Tefé en Brasil, Leticia en Colombia e Iquitos en Perú. En cada región durante 20 días del período de subienda (mijano o safra) de dorado, se conformó una muestra con el máximo número posible de datos de tamaños (longitud horquilla -cm); a partir de esta, se seleccionó una submuestra de 5 individuos por clase de tamaño de 1 cm, registrando tamaño, peso total y eviscerado (g), sexo, desarrollo gonadal y se colectó el par de otolitos *lapillus* siguiendo el procedimiento sugerido por Valeruz-Rego *et al.*, (1998).

En los *lapillus* se realizaron cortes transversales de 0.07mm que pasaban por el núcleo de la estructura. Las imágenes de los cortes se digitalizaron para facilitar el proceso de lectura de los anillos que representaban las edades, los cuales fueron observados con luz reflectada en fondo negro. Para definir la periodicidad de formación de las marcas de crecimiento se utilizó el método del Incremento Marginal Relativo (Fabré & Saint-Paul, 1998) de una muestra colectada entre julio/98-junio/99 en las proximidades de la región de Manaus. Se determinó para cada uno de los dorados de las submuestras por región, el grupo de edad al cual pertenecían, elaborando tablas de edad-tamaño y definiendo la frecuencia de individuos ($n_{e,t}$) de cada grupo de edad (e) en las correspondientes clases de tamaño (t). Adaptando lo sugerido por Chugunova (1963), Holden & Raitt (1974) y Ricker (1975) fue considerado el total de individuos contabilizados por clase de tamaño de la submuestra ($n_{tot,t}$) y el total de dorados de la muestra por clase de tamaño (N_t), para calcular el total de peces en cada grupo de edad (e) por clase de tamaño (t) ($N_{tot e,t}$) utilizando el factor:

$$N_{tot\ e,t} = N_t \frac{n_{e,t}}{n_{tot,t}}$$

Finalmente fueron calculadas las distribuciones por edad para el total y por región estudiada.

Resultados

El tamaño promedio de los 5472 dorados medidos en los desembarques de la pesca comercial a lo largo del canal principal del Río Amazonas fue de 75,76 cm ($\pm 17,70$), siendo que los menores individuos son pescados en la región del Estuario Amazónico con promedio de 60,34 cm ($\pm 15,69$). Estos tamaños van aumentando gradualmente en la medida que la pesca es realizada mas alejada del Estuario, así, los mayores dorados fueron registrados en el área de influencia del puerto de Iquitos con promedio de 92,27 cm ($\pm 11,44$) (Tabla 1).

Tabla 1. Estadística descriptiva para la longitud horquilla (cm) del total de dorados muestreados durante la subienda de 1999 en los seis principales puertos de desembarque del canal principal del Río Amazonas: **Prom**=Promedio; **Ds**=desviación estándar; **cv**= coeficiente de variación; **n**=tamaño de la muestra

	Prom. (cm)	Ds	cv (%)	n	Distancia a partir del Estuario (km)
Estuario	60,34	15,69	25,99	1 765	0
Santarém	76,58	9,92	12,96	1 165	630
Manaus	74,00	10,96	14,81	601	1 287
Tefé	87,56	10,87	12,41	781	1 800
Leticia	90,96	13,05	14,36	699	2 970
Iquitos	92,27	11,44	12,41	461	3 400
Total	75,76	17,70	23,36	5 472	—————

Cerca de 52,8% del total de dorados muestreados tenían en promedio 2 años de vida, con 1 año 22,8%, los de 3 años fueron 16,4% y los de 0 y 4 años alcanzaron 5,2 y 2,4% respectivamente; los otros grupos de edades de 5 a 8 años representaron menos del 0,3% cada uno.

Al analizar las distribuciones por edades en cada una de las regiones estudiadas, se observa que para del Estuario un poco más de la mitad de los dorados capturados por la pesca comercial tenían un año de vida (Fig. 1a). Esta moda se desplazó para la clase de dos años en la región de Santarém y se mantuvo constante hasta Leticia, donde la proporción de individuos de 3 años también aumentó hasta 33,6% (Fig. 1b, 1c, 1d y 1e); en la región de Iquitos, 400 km río arriba, la moda paso para la clase de 3 años (Fig. 1f). Al observar el conjunto de las seis distribuciones, se destaca que los peces con menos de un año de vida solamente estaban bien representados en la región del Estuario, mientras que existió una alta correspondencia entre las distribuciones de Santarém, Manaus y Tefé.

Discusión

Es posible conocer la composición y estructura de una población de peces, representada por el número o peso de los individuos en cada grupo de edad o tamaño;

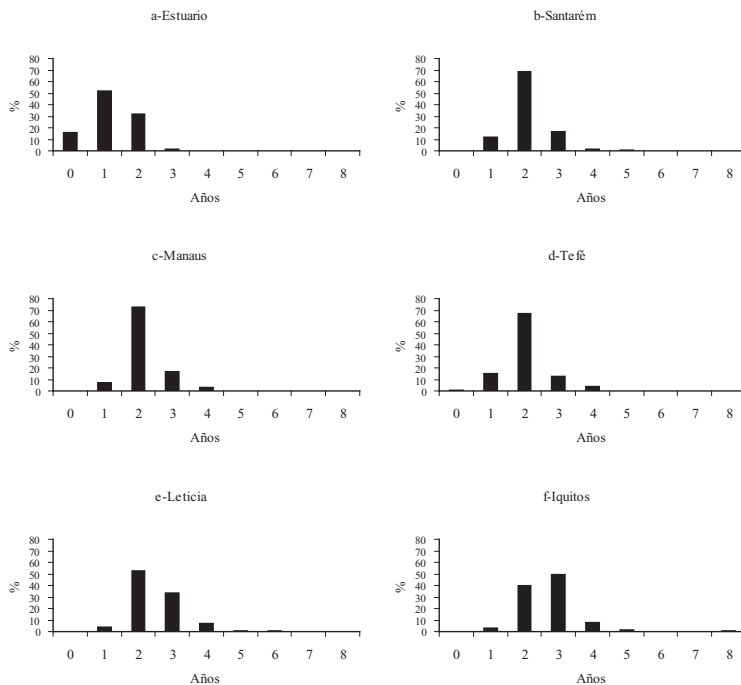


Figura 1. Distribución por edades para el total de dorados muestreados durante la subienda de 1999 en cada uno de los seis principales puertos de desembarque a lo largo del eje principal del Río Amazonas.

esta estructura es específica para cada especie o para grupos poblacionales de la misma especie, existiendo la tendencia de mantener una relativa estabilidad (Nikolski, 1969; Holden & Raitt, 1974). En este sentido, como en las distribuciones por edad de las seis regiones estudiadas predominó la clase de 2 años en todo el sistema, estando las edades menores y mayores en los puntos extremos del mencionado sistema (Estuario e Iquitos, respectivamente), es posible inferir dentro de un contexto pesquero que: la pesca del dorado a lo largo del eje principal del amazonas está actuando sobre un único stock, complementando las evidencias presentadas por Barthem & Goulding (1997) y Batista (2001).

Sobreponiendo las distribuciones por edades a los resultados de los tamaños por región, se concluye que el grupo de dorados que migran intensamente desde Santarém hasta Tefé están próximos a los dos años de vida y 80 cm de longitud horquilla, mientras que individuos mayores de 90 cm y mayores de 3 años, se convierten en residentes de la región alta de la cuenca (áreas de influencia de Leticia e Iquitos).

Agradecimientos

Al «Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq» por el apoyo económico con el proyecto No. 52.0242/98-0. En Brasil al «Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA», «Universidade Federal do Amazonas-UFAM», «Museu Paraense Emilio Goeldi-MPEG», «Projeto IARA-IBAMA», «Projeto Várzea-IPAM» y «Sociedade Civil de Mamirauá». En Colombia al Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI. En Perú al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Muy especialmente a las comunidades y agremiaciones de pescadores, comerciantes, colaboradores y amigos de Belém, Santarém, Manaus, Tefé, Leticia e Iquitos.

Referencias

- Barthem, R. B. & Goulding, M., 1997. The catfish connection. Ecology, migration, and consevation od the Amazon predators. Columbia University Press, New York 144 p.
- Batista, J. S. 2001 Estimativa da variabilidade genética intra-específica da dourada *Brachyplatystoma flavicans* Castelnau 1855 (Pimelodidae-Siluriformes) no sistema Estuário-Amazonas-Solimões. Dissertação de mestrado. Manaus PPG Instituto Nacioinal de Pesquisas da Amazônia-INPA. 97p.
- Chugunova, N. I. 1963. Age and growth studies in fish. National Science Foundation, Washington, D. C. by the Israel Programa for Scientific Translations, Jerusalem. 132p.

- Fabré, N. N. & Saint Paul, U. 1998. Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central amazonian anostomid *Schizodon fasciatus*. *Journal Fish Biology*, 53:1-11.
- Fabré, N. N., Donato, J. C. & Alonso, J. C. (Eds.) 2000. Bagres de la Amazonía Colombiana: Um Recurso sin Fronteiras. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá. 253 p.
- FAO-COPESCAL, 2000. Informe del taller regional sobre el manejo de las pesquerías de bagres migratorios del Amazonas (Iquitos-Perú). Informe de campo F-5: Comisión de pesca continental para América Latina. FAO. Roma. 103 p.
- migratorios amazónicos en el Perú. Taller sobre manejo de las pesquerías de bagres migratorios del Amazonas. COPESCAL. 4-9 de octubre, Iquitos, Perú.
- Holden, M. J. & Raitt, D. F. S. 1974. Manual of fisheries science, methods of resource investigation and their application. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 214p.
- Nikolsky, G.V. 1969. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fishery resources. Edinburgh, Oliver & Boyd. 323 p.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, 191:382 p.
- Rezende, L. F. B. 1999. Aspectos Biológicos e Pesqueiros da dourada (*Brachyplatystoma flavicans*) Pimelodidae - Siluroidei em um Trecho da Amazônia Central. Dissertação de Mestrado. PPG Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia INPA/UA. Manaus. 76 p.
- Valeruz-Rêgo, H.; Fabré, N. N. & Pérez, L. A. 1998. Estruturas calcificadas de dourada (*Brachyplatystoma flavicans*) para determinação da idade. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Serie Zoologia*, 14. (2) 25 p.

Variación de historia de vida de la piraña roja *Pygocentrus nattereri*, en dos cuencas de la Amazonía Boliviana.

Fabrice Duponchelle^{1,2}, Fabiani Lino³, Jean-François Renno^{1,3},
Rémi Dugué^{1,4}, Jesús Nuñez^{1,3}

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail : fabrice.duponchelle@ird.fr, renno@univ-montp2.fr,
nunez@ird.fr, remi.dugue@ird.fr

² Universidad Mayor San Simón (UMSS), Cochabamba, Bolivia
e-mail: fmcvalle@yahoo.com

³ Universidad Mayor San Andrés (UMSA), La Paz, Bolivia
e-mail: favylino@yahoo.com

⁴ Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM),
Santa Cruz, Bolivia

Palabras Claves: reproducción, crecimiento, aguas claras y blancas

Resumen

La piraña roja *Pygocentrus nattereri* es una especie ampliamente distribuida en el trópico de Sudamérica. A pesar de su rol ecológicamente importante en las redes tróficas neotropicales y su impacto en el consumo local de subsistencia, las características reproductivas y de crecimiento de *P. nattereri* en ambientes naturales están poco documentados. Nuestro estudio revela que *P. nattereri* en Bolivia presenta diferencias de rasgos de vida entre las poblaciones del Río Mamoré (aguas blancas) y del Río Iténez (aguas claras).

Introducción

La influencia de los sistemas de aguas blancas, negras o claras sobre la distribución de los peces amazónicos está ampliamente discutida en la literatura. Mientras que la influencia de los diferentes tipos de aguas sobre sus rasgos de vida ha recibido mucha menos atención. Sin embargo, probablemente la composición química, productividad y patrones comunitarios de las aguas blancas, claras o negras

tengan una influencia sobre las características reproductivas y de crecimiento de las especies de peces que las habitan.

La piraña roja (*Pygocentrus nattereri*) es una especie ampliamente distribuida en el trópico de Sudamérica, que se encuentra independientemente del tipo de aguas en Bolivia. Como para muchas otras pirañas de dientes agudos, su fama como depredador voraz ha captado la atención en sus hábitos alimenticios. Pero, muchas pirañas (entre ellas la piraña roja) se alimentan principalmente de peces enfermos o dañados así como de restos de animales, y se piensa que juegan un papel ecológico importante como «limpiadores y escuadrones de limpieza» (Schulte, 1988; señalado por Pauly, 1994). A pesar de su rol ecológico importante en las redes tróficas neotropicales y su impacto en el consumo humano local, las características de reproducción y crecimiento de *P. nattereri* en ambientes naturales han recibido poca atención. En este trabajo, se comparan los rasgos de vida de dos poblaciones geográficas de pirañas que habitan la Amazonía Boliviana en condiciones ambientales contrastantes: aguas claras en el Iténez y aguas blancas en el Mamoré.

Metodología

Se comparó las características de reproducción (análisis histológico de gónadas, época de reproducción, edad y tamaño de primera madurez sexual, fecundidad y tamaño de oocitos) y de crecimiento de *P. nattereri* en un río de aguas blancas (Mamoré) y un río de aguas claras (Iténez) de la Amazonía Boliviana. La colecta de los especímenes fue llevada a cabo entre Julio de 2001 y Marzo de 2005. De los 1072 individuos colectados en total, 677 provinieron de la cuenca del Mamoré y 395 de la cuenca del Iténez. Para la cuenca del Mamoré, los puntos de muestro fueron ubicados en el Río Isiboro-Sécure a los 14°49'S y 16°20'S, y para la cuenca del Río Iténez en el Río San Martín-San Joaquín a los 13°9'S y 14°8'S. La edad y crecimiento de los peces se determinó al pulir una sección horizontal de los otolitos de 155 individuos de la cuenca del Iténez y 293 del Mamoré.

Resultados y discusión

Los análisis histológicos revelaron dos modos de distribución de los oocitos para cada hembra estudiada proveniente de cada río, indicando que una misma hembra desova al menos dos veces durante el período reproductivo.

Los períodos reproductivos fueron altamente estacionales, comenzando aproximadamente un mes antes de la crecida de las aguas y finalizando antes del período de

aguas más altas (Fig. 1). Las épocas reproductivas en ambas cuencas fueron muy similares, con un retraso de un mes en el Iténez; el cual podría corresponder al retraso de la crecida de las aguas entre las dos cuencas.

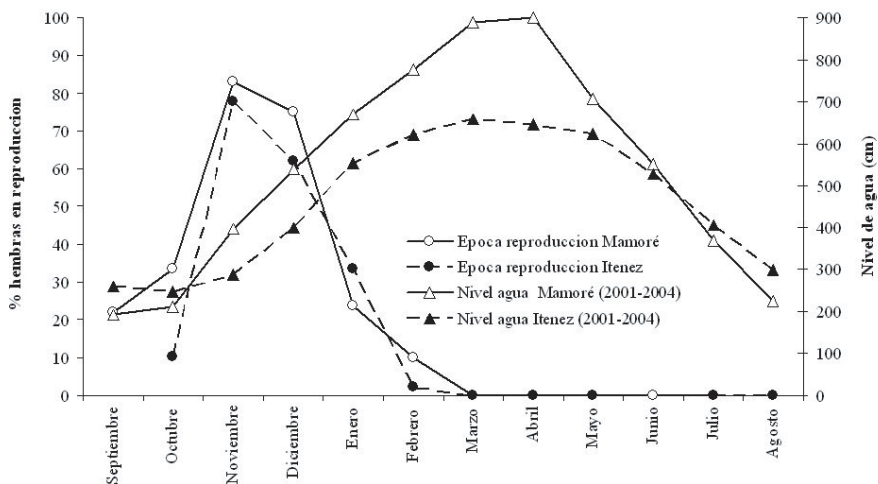


Figura 1. Épocas de reproducción de *Pygocentrus nattereri* y niveles de agua en los Ríos Mamoré y Iténez.

En ambas cuencas, *P. nattereri* alcanza la madurez sexual al primer año de vida; las hembras maduran más tarde que los machos. El tamaño de primera madurez sexual se encuentra entre 109-141 mm LS. Para ambos sexos, el tamaño a la primera madurez sexual difiere significativamente entre las dos cuencas, siendo mas alto en el Mamoré que en el Iténez.

En el Mamoré, la puesta de cada hembra se encuentra entre 6 056 a 35 676 oocitos por hembras de 176 a 678 g. Mientras que en el Iténez hembras de 126 a 566 g colocan entre 3 551 y 21 213 oocitos. La comparación de modelos de regresión lineal ente la fecundidad y el peso del cuerpo, señala una fecundidad significativamente más alta para la población del Río Mamoré. Como ejemplo, una hembra de 500 g proveniente del Mamoré, puede liberar cerca de 18 874 huevos, mientras que una hembra del mismo peso del Río Iténez, sólo puede liberar 13 562 huevos.

Sin embargo, el tamaño de los oocitos fue muy similar en ambas cuencas: $1.62 \text{ mm} \pm 0.07 \text{ (DE)}$ y 1.65 ± 0.05 para el Iténez y Mamoré, respectivamente.

Con intervalos de un año, 13 clases de edades fueron observadas en el Mamoré y 11 en el Iténez (Fig. 2). La longitud junto a la edad fueron ajustadas al modelo de crecimiento de von Bertalanffy. Cada sexo presentó un crecimiento similar en las dos cuencas. En el Mamoré, las hembras tenían un crecimiento significativamente mayor al de los machos, mientras que en el Iténez, ambos sexos tenían un crecimiento similar (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de la función de crecimiento de Von Bertalanffy para *P. nattereri* en las cuencas del Mamoré y del Iténez.

	Sexo	N	L_{∞} (mm)	K	t_0
Mamoré	F	181	243.5	0.37	-1.63
	M	112	232.6	0.31	-2.08
Iténez	F	97	232.3	0.39	-1.68
	M	58	222.4	0.53	-0.89

Conclusiones

Las condiciones ambientales contrastadas encontradas en las aguas claras del Iténez y las aguas blancas del Mamoré generan diferencias significativas en los rasgos de vida de la piraña roja. Como la estructura genética observada en las cuencas Bolivianas corresponde a una colonización muy reciente a partir de un efecto fundador (ver Torrico *et al.*, en esta publicación), es posible que las diferencias observadas sean una respuesta fenotípica a las condiciones ambientales.

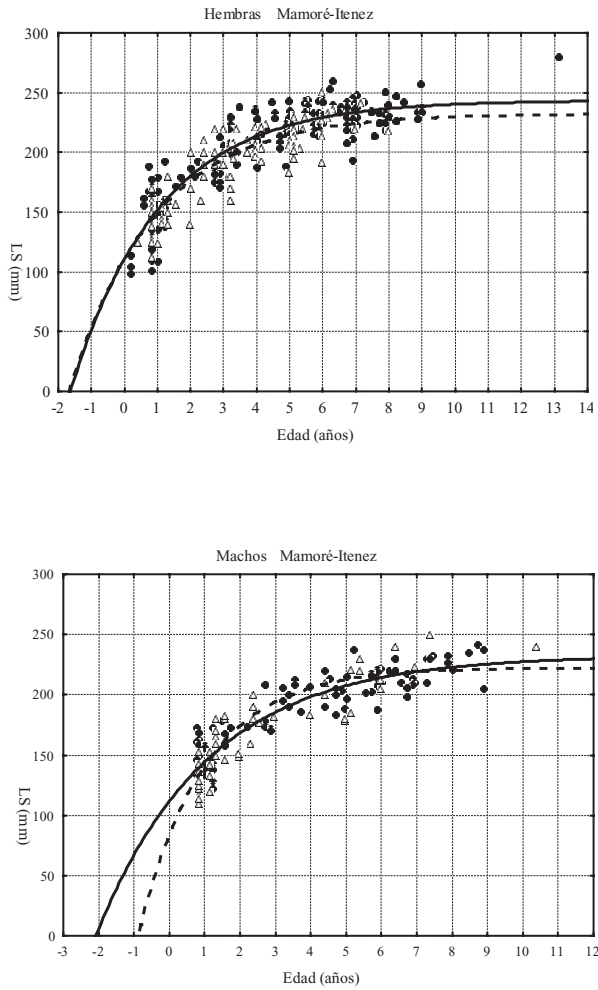


Figura 2. Curvas de crecimiento de hembras y machos de *Pygocentrus nattereri* en el Mamoré (círculos negros) y el Iténez (triángulos blancos y curvas punteadas).

Referencias

Pauly, D. 1994. Quantitative analysis of published data on the growth, metabolism, food consumption, and related features of the red-bellied piranha, *Serrasalmus nattereri* (Characidae). *Environmental Biology of Fishes*, 41: 423-437.

Reproducción y crecimiento de *Pseudoplatystoma fasciatum* en la cuenca amazónica Boliviana.

Jésus Nuñez^{1,2}, Alison Inturias², Rémi Dugué³, Julia Barreto², Rosario Rivera²,
Fabrice Duponchelle⁴, Jean François Renno^{1,2}

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France

e-mail: renno@univ-montp2.fr, nunez@ird.fr, Remi.Dugue@ird.fr,
fabrice.duponchelle@ird.fr

² Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM y B, La Paz, Bolivia

³ Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM),
Santa Cruz, Bolivia

⁴ Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia

Palabras Claves: *Pseudoplatystoma fasciatum*, Surubí, Peces Amazónicos, Reproducción, Crecimiento, Rasgos de vida.

Resumen

En este trabajo se han determinado los principales rasgos de vida (crecimiento y reproducción) del surubí, en relación con la posible estructuración genética de las poblaciones y en función de la calidad de las aguas de los ríos (aguas blancas del Mamoré y aguas negras o claras del Iténez). Las curvas de crecimiento para hembras y machos son diferentes entre sexos y entre cuencas. Las épocas de reproducción y la fecundidad de las hembras son similares aunque se ha observado un desfase de más o menos un mes entre las dos cuencas en el inicio de la época de reproducción.

Introducción

El género *Pseudoplatystoma* perteneciente a la familia Pimelodidae se encuentra ampliamente distribuido en Latino América. Muy extendido en el bajo Amazonas, pero raro o ausente en los estuarios, se lo encuentra en la cabecera de todos los tipos de ríos, en los canales, en las planicies de inundación y a lo largo de los arroyos de la selva lluviosa, tanto en aguas corrientes como tranquilas (Barthem & Goulding, 1997).

Las características morfológicas y anatómicas de *Pseudoplatystoma fasciatum* y *Pseudoplatystoma tigrinum* son muy semejantes. *P. fasciatum* presenta fontanela corta, hocico del mismo ancho en todas partes y barras blancas inmediatamente delante de las barras negras verticales, mientras que *P. tigrinum* presenta fontanela larga, un hocico más estrecho en su parte media que en su extremidad anterior y líneas negras más anchas de forma irregular y aletas manchadas, sobre todo la caudal (Lauzanne & Loubens, 1985).

El surubí, *P. fasciatum* y la chuncuina, *P. tigrinum* representan más de la mitad de los aportes de la pesca comercial de agua dulce tropical en Bolivia (Loubens & Aquim, 1986). Una de las limitaciones más serias para el manejo de los recursos pesqueros en la Amazonía Boliviana es la escasa información sobre las especies explotadas, volúmenes de pesca, métodos de pesca, efecto de la pesca comercial, como de la pesca de subsistencia y principalmente el escaso conocimiento sobre la biología de los peces de importancia económica, razón que impide tomar las mejores acciones para un manejo adecuado y aprovechamiento de los recursos pesqueros (Loubens & Aquim, 1986; Lauzanne *et al.*, 1990; Muñoz & Van Damme, 1998). En este trabajo se han determinado los principales rasgos de vida a nivel de crecimiento y reproducción. Uno de los principales aspectos es la comparación de estas características en ambas cuencas y de relacionar estos aspectos con la posible estructuración genética de las poblaciones en función de la calidad de las aguas de los ríos (aguas blancas del Mamoré y aguas negras o claras del Iténez). Dos trabajos complementarios en genética de poblaciones y piscicultura también son presentados en esta publicación.

Metodología

Las colectas de peces han sido realizadas tanto en el cauce principal como en las lagunas adyacentes con anzuelos, lineada y redes agalleras de 30 a 100 m de longitud y de 3.5 m de profundidad con una malla de 60 a 130 mm.

Los peces se capturaron a varias épocas durante el periodo 2000-2004. Se determinó el sexo mediante la observación de las gónadas, y el estadio de desarrollo sexual utilizando una escala de madurez. Se tomó un pedazo de cada gónada, conservado en liquido de Bouin para posterior análisis en histología. De las gónadas de las hembras que se encontraban en estadio 4 (pre-desove), se tomó un fragmento conservado en formol al 5% para el estudio de fecundidad.

Sé tomaron las primeras 5 a 7 vértebras, se hirvieron para extraer todo el tejido restante, se secaron y luego se guardaron en sobres de papel para evitar la humedad.

Resultados y Discusión

Las curvas de crecimiento, según el modelo de Von Bertalanffy, mostraron que en ambas cuencas el crecimiento de las hembras es superior al los machos (Fig. 1 y 2). Las longitudes asintóticas (L_{∞}) del modelo son mas grandes para las hembras (1 026 mm y 978 mm) que para los machos (815 mm y 743 mm) en las cuencas del Mamoré y del Iténez respectivamente. Las curvas de crecimiento son significativamente diferentes entre cuencas y entre sexos, según el test de verosimilitud.

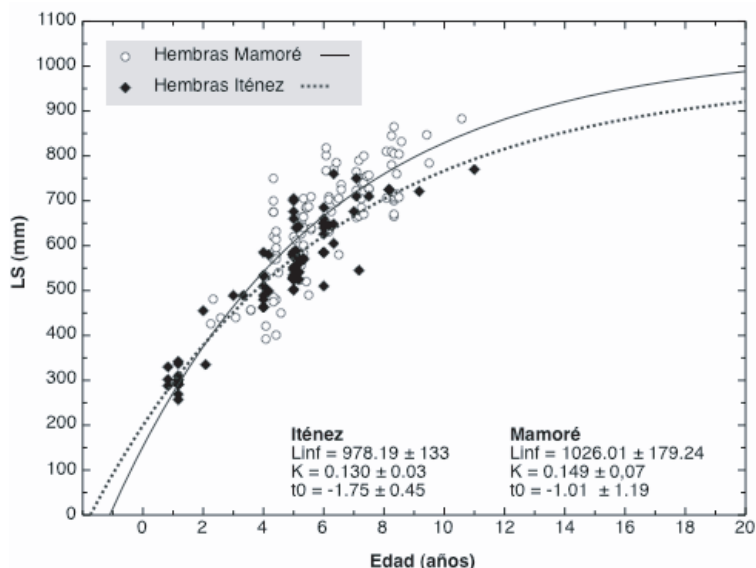


Figura 1. Curvas de crecimiento de las hembras de surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum*, en las cuencas del Mamoré y del Iténez (Amazonía Boliviana). LS: longitud estándar.

Estos datos indican que probablemente las condiciones ambientales son mas favorables en la cuenca del Mamoré que en la del Iténez, ya que la diferenciación genética entre estas dos poblaciones es bastante leve y no puede explicar ella sola las diferencias de crecimiento observadas.

En Bolivia según trabajos anteriores (Loubens & Panfili, 2000) se ha indicado que estos peces tienen un período de desove corto y un máximo de actividad al principio de año, durante la segunda parte de la crecida, cuando empiezan las grandes inundaciones. Nuestro trabajo a confirmado que las épocas de reproducción corresponden a la época de aguas altas y se extiende a nivel de la población sobre

dos a tres meses (Noviembre a Enero en el Mamoré, y Diciembre a Febrero en el Iténez). Las hembras tienen un solo desove total durante la época de reproducción.

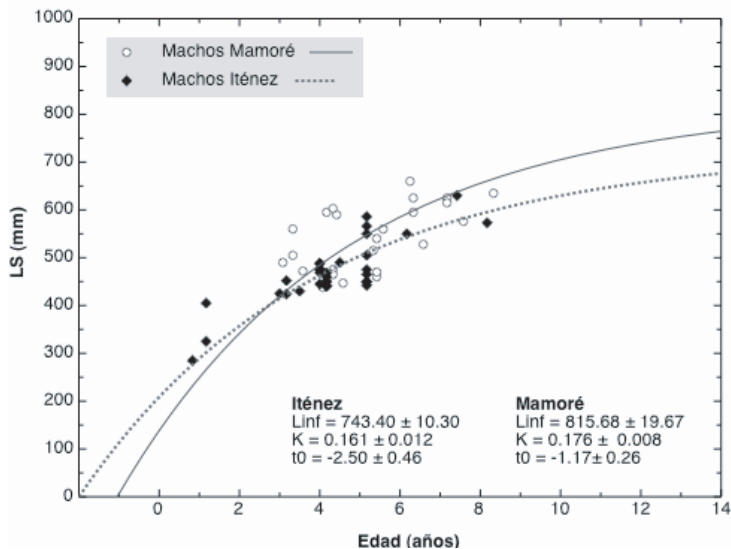


Figura 2. Curvas de crecimiento de los machos de surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum*, en las cuencas del Mamoré y del Iténez (Amazonía Boliviana). LS: longitud estándar.

Tanto la fecundidad relativa (número de ovocitos por gramo), como los diámetros ovocitarios en fin de vitelogenesis no presentan diferencias significativas entre cuencas. El promedio de la fecundidad relativa es de 200 ovocitos.g⁻¹, con un diámetro modal del 900 μm en ambas cuencas. Se a observado un ligero desfase de la época de reproducción entre las dos cuencas, la reproducción siendo mas precoz en la cuenca del Mamoré (Fig. 3). Este desfase puede ser relacionado con la dinámica de la crecida en ambas cuencas. Se a observado que la crecida en le cuenca del Iténez, ocurre generalmente mas o menos un mes mas tarde. Se puede hacer la hipótesis de que las primeras lluvias al inicio de la crecida de las aguas puedan actuar como un estímulo de la vitelogenesis (desarrollo gonadal).

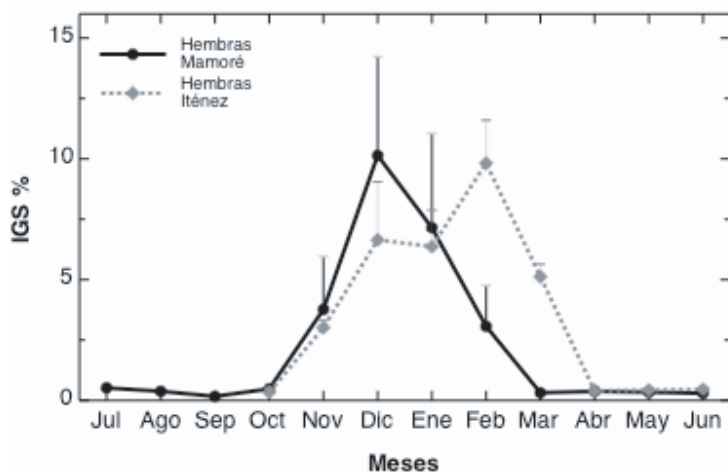


Figura 3. Evolución del índice gónadosomático (IGS) de las hembras de surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum* en las cuencas del Mamoré y del Iténez (Amazonía Boliviana).

Referencias

- Barthem, R.; Goulding, M. 1997. The Catfish Connection. Ecology, Migration and Conservation of Amazon Predators. Columbia University, New York. USA. 144 p.
- Lauzanne, L.; Loubens, G. 1985. Peces del río Mamoré. Collection Travaux et Documents, N° 192, ORSTOM– CORDEBENI-UTB. París, France. 65 p.
- Lauzanne, L. ; Loubens, G. ; Le Guennec, B. 1990. Pesca y Biología pesquera en el Mamoré Medio (región de Trinidad). ORSTOM-UTB-CORDEBENI. Trinidad, Bolivia. 15 p.
- Loubens, G.; Aquim, J. 1986. Sexualidad y reproducción de los principales peces de la cuenca del río Mamoré, Beni, Bolivia. ORSTOM-CORDEBENI-UTB. Trinidad, Bolivia. 34 p.
- Loubens, G.; Panfili, J. 2000. Biologie de *Pseudoplatystoma fasciatum* et *P. tigrinum* (Teleostei: Pimelodidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie Bolivienne). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 11: 13-34.
- Muñoz, H.; Van Damme, P. 1998. Parámetros de reproducción de 4 especies de peces comerciales (*Pseudoplatystoma fasciatum*, *P. tigrinum*, *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus*) en la cuenca del río Ichilo (Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 4: 39-54.

Reproducción y crecimiento de *Colossoma macropomum* en las cuencas del Iténez y del Mamoré (Amazonía Boliviana).

Jésus Nuñez^{1,2}, Esther Maldonado³, Rémi Dugué^{1,4}, Fabrice Duponchelle^{1,3},
Claudia Aliaga², Rosario Rivera², Jean François Renno^{1,2}

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail: renno@univ-montp2.fr, nunez@ird.fr, Remi.Dugue@ird.fr,
fabrice.duponchelle@ird.fr

² Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM y B, La Paz, Bolivia

³ Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia

⁴ Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM),
Santa Cruz, Bolivia

Palabras Claves: *Colossoma macropomum*, Pacú, Peces Amazónicos, Reproducción, Crecimiento, Rasgos de Vida

Resumen

La presente investigación se basa principalmente en la comparación de las estrategias reproductivas y de crecimiento de *Colossoma macropomum* (Pacú) en las cuencas del Mamoré (Río Sécure, Río Isiboro) y del Iténez (ríos San Joaquín y San Martín) en la Amazonía Boliviana.

Se encontraron variaciones significativas (fecundidad, talla y edad de primera madurez sexual y parámetros de crecimiento) entre cuencas. Esta especie presenta un único desove anual durante al inicio de la primera crecida del nivel del agua.

Introducción

El Pacú, *Colossoma macropomum* es una especie cuya distribución está comprendida en toda la extensión de la cuenca Amazónica. Es una de las especies más grandes de los peces dulceacuícolas de Sudamérica. Varios estudios se han realizado sobre la ecología y la biología de *Colossoma macropomum* desde hace más de 20 años (Goulding & Carvalho, 1982; Roubach & Saint-Paul, 1994; Araujo-Lima & Goulding, 1997; Loubens & Panfili, 1997; Loubens *et al.*, 1984; Muñoz &

Van Damme, 1999) proporcionando algunos datos como el comportamiento migratorio de la especie, y algunas características biológicas en reproducción, alimentación y crecimiento.

Aunque los grandes parámetros de la biología de *C. macropomum* son conocidos, los datos sobre las interacciones entre la estacionalidad y la calidad del agua son aún limitados. Así el presente trabajo se enfoca en el estudio comparativo de la biología reproductiva y el crecimiento de *C. macropomum* en dos medios químicamente y biológicamente diferentes (aguas claras del Iténez y aguas blancas del Mamoré). El propósito del presente trabajo es de contribuir al conocimiento ya existente de esta especie, para la aplicación de normás de manejo en la gestión de la explotación de las poblaciones en el medio ambiente y en piscicultura. Este trabajo ha sido completado por un estudio de genética de poblaciones presentado también en esta publicación.

Metodología

La captura de peces se realizó utilizando mallas de 10 a 12 cm de nudo a nudo aproximadamente. Para la reproducción se determinó el sexo y los estadios de las gónadas a través de la observación directa de los ovarios y los testículos según una escala de maduración sexual.

Los estadios de maduración fueron averiguados en histología. Los cortes histológicos de gónadas nos permitieron identificar individuos en proceso de gametogénesis y otros en estado de inmadurez sexual. Con éstas observaciones histológicas se verificó la talla de madurez sexual y la época de reproducción, considerando individuos sexualmente maduros, aquellos que ingresaron en vitelogénesis y espermatogénesis. La época de reproducción fue revelada por la evolución del porcentaje de los estadios de madurez tanto de los ovarios como de los testículos y el índice gónado-somático.

La fecundidad fue determinada calculando el número de ovocitos contenidos en los ovarios en estadio de vitelogénesis avanzada, la edad fue determinada a partir de los otolitos de individuos de diferentes longitudes estándar para las dos cuencas.

Resultados y Discusión

Crecimiento

En las cuencas del Iténez y del Mamoré se observó que la formación de los anillos anuales es bien marcada.

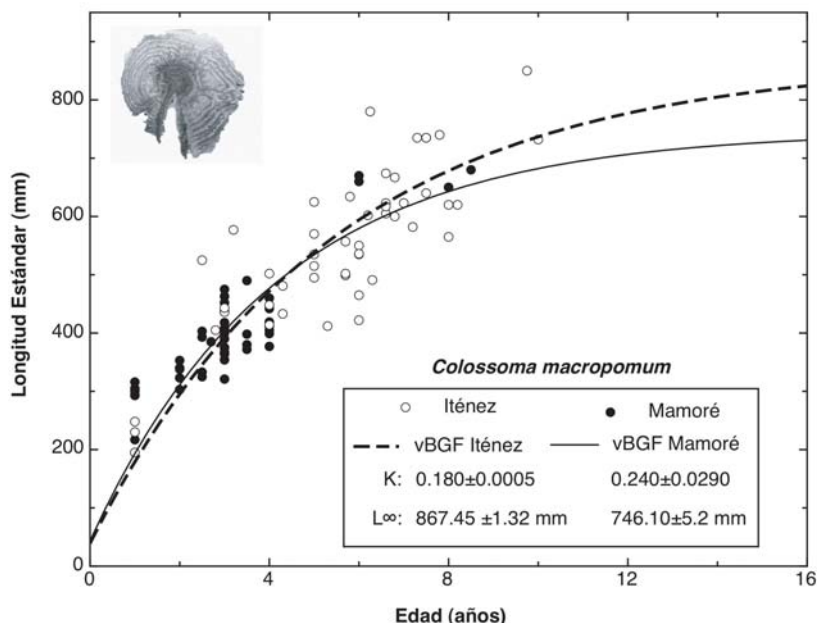


Figura 1. Curvas de crecimiento del pacú, *Colossoma macropomum* en las cuencas del Mamoré y del Iténez (Amazonía Boliviana). vBGF: von Bertalanffy Growth Function, $L = L_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}]$.

La modelización del crecimiento para las cuencas del Mamoré y del Iténez es presentada en la Figura 1. Las curvas de Von Bertalanffy han sido comparadas utilizando el test del máximo de verosimilitud,

y se determinó que las curvas eran significativamente diferentes. Se observa un mejor crecimiento inicial en la cuenca del Mamoré que en la cuenca del Iténez. Sin embargo, las tallas más grandes son observadas en el Iténez con un L_{∞} superior (867 mm) al del Mamoré (746 mm).

Reproducción

Se ha podido observar que la época de reproducción ocurre alrededor del mes de Octubre y se termina en Enero en la cuenca del Mamoré, y se ha notado un desfase de más o menos un mes en la cuenca del Iténez, empezando en Noviembre y terminándose en Febrero (Fig. 2).

La reproducción parece altamente relacionada con la crecida de las aguas, ya que se observa el mismo desfase de la crecida entre el Mamoré y el Iténez. Araujo-Lima & Goulding (1997) indican que la época de desove tiene una duración de dos a cinco meses desde el comienzo de las inundaciones y que en la Amazonía central ocurre entre Noviembre y Abril.

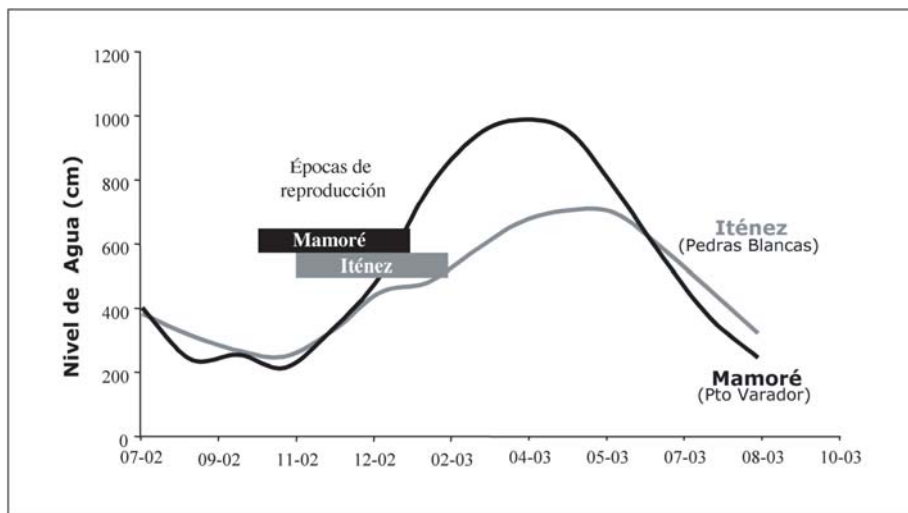


Figura 2. Épocas de reproducción y niveles de agua de los ríos Iténez y Mamoré.

Los análisis de regresión lineal para la cuenca del Mamoré y la cuenca del Iténez mostraron que la relación entre la fecundidad absoluta y la longitud estándar (LS) es estadísticamente significativa entre ambas cuencas. La relación entre fecundidad absoluta y peso del pez también fue significativamente diferente. Lo que indica que las fecundidades de ambas poblaciones son diferentes (Tabla 1).

La comparación de las tallas de primera madurez sexual entre hembras y entre machos para las dos cuencas mostró que hay diferencias significativas entre hembras y entre machos. (Tabla 1).

Pocos son los trabajos presentados sobre la edad y talla de primera madurez sexual para *C. macropomum*. Araujo-Lima & Goulding (1997) en la Amazonía central y Goulding & Carvalho (1982) en la cuenca del Orinoco, indican tallas de primera madurez sexual para *C. macropomum* de 56 a 58 cm (longitud estándar) para las hembras maduras más pequeñas respectivamente. Estos datos corresponden a lo que se observa en el Iténez, pero es superior a la tallas observadas en el Mamoré.

Una posible explicación de estas tallas más bajas en el Mamoré puede ser la presión antrópica (pesca y medio ambiental) lo que incrementa el esfuerzo de reproducción (Garrod & Harwood, 1984) a nivel de la población del Mamoré.

Tabla 1. Fecundidades absolutas (entre paréntesis los pesos de las hembras en g), relativas (ovocitos.g⁻¹) de *Colossoma macropomum* en las cuencas del Iténez y del Mamoré y tallas y edades de primera madurez sexual. TMS: Talla de primera madurez sexual (mm); EMS: Edad de primera madurez sexual (años); TC: crecimiento anual hasta la adquisición de la madurez sexual (mm.año⁻¹).

	MAMORÉ		ITÉNEZ	
Fec. abs. max.	2 271 280	(13 250)	1 407 812	(16 400)
Fec. abs. min.	285 796	(8 800)	67 243	(9 000)
Fec. rel. max.	171,41		85,84	
Fec. rel. min.	31,78		9,27	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
TMS (L ₅₀)	455±1.04	427±1.12	582±3.60	551±4.14
EMS (A ₅₀)	3.4±0.01	3.4±0.01	6.1±0.12	5.5±0.12
CA (L ₅₀ /A ₅₀)	133.80	125.60	95.40	100.18

Referencias

- Araujo-Lima, C.; Goulding, M. 1997. So fruitful a fish: Ecology, Conservation and Aquaculture of the Amazon's Tambaquí. Columbia University Press, New York. 190 p.
- Garrod, D. J.; Harwood, J. W. 1984. Reproductive strategies and the response to exploitation. In Fish Reproduction (eds. G. W. Potts & R. J. Wootton). Academic Press, New York. p. 367-384.
- Goulding, M.; Carvalho, M. L. 1982. Life History and Management of the Tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): An Important Amazonian Food Fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1(2): 33-107.
- Loubens, G.; Aquim J. L.; Robles, E. 1984. Primeras observaciones sobre la sexualidad y la reproducción de las principales especies de peces de la región de Trinidad -Beni-Bolivia. ORSTOM. 34 p.
- Loubens, G.; Panfili, J. 1997. Biologie de *Colossoma macropomum* (Teleostei : Serrasalminidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyological. Exploration of Freshwaters*, 8: 1-22.

- Muñoz, H.; Van Damme, P. A. 1998. Parámetros de Reproducción de 4 especies de peces comerciales (*Pseudoplatystoma fasciatum*, *P. trigrinum*, *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomum*) en la cuenca del río Ichilo (Bolivia). *Revista Boliviana de Ecología*, 4: 29-54.
- Roubach, R.; Saint-Paul, U. 1994. Use of fruit and seeds from Amazonian inundated forests in feeding trials with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Pisces, Characidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 10: 134-140.

Algunos parámetros físicos, químicos y bioecológicos que influyen en el comportamiento migratorio de la «gamitana» *Colossoma macropomum* en el Río Ucayali

Luis Campos Baca

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)
Av. Abelardo Quiñones Km.2.5, Iquitos, Perú
e-mail: pbio@iiap.org.pe

Palabras Claves: gamitana, migración, Río Ucayali

Resumen

El trabajo se desarrolló en el Río Ucayali, en la zona comprendida entre el distrito de Bagazán y Requena, y con mayor intensidad en el complejo de cochas Supay. Se estudia los patrones migratorios de la «gamitana» (*Colossoma macropomum*) y su relación con la época de fructificación, debido a que esta especie se alimenta principalmente de frutas, jugando un rol importante en la dispersión de semillas y al parecer en la germinación (Campos, 1993). Desde noviembre hasta febrero, los individuos adultos salen de los lagos o cochas a desovar en las zonas de mezcla de las aguas y en época de creciente, realizan una migración hacia las partes altas del Río Ucayali. La migración está relacionada a varios factores, pudiéndose mencionar entre otros, la reproducción, la alimentación y la dispersión de los peces, así como el régimen hidrológico que tiene influencia sobre las características físico químicas del agua (Sioli, 1984).

Introducción

Colossoma macropomum es una especie comercial muy importante en la Amazonía Peruana, que al igual que otros grandes Carácidos es migratoria (Goulding, 1980; Lowe-McConnell, 1975). Los movimientos migratorios juegan un rol vital en el desarrollo de las poblaciones de peces. Por ello es importante conocer el significado de la migración como un proceso biológico o como «un movimiento que genera una alteración entre dos o mas hábitats distantes que ocurre con regular periodicidad y que envuelve una gran proporción de la población» (Wootton, 1990). La

migración no solo es importante por su valor biológico, sino también por su valor económico. Los pescadores concentran su esfuerzo en áreas estratégicas por donde pasan los peces migratorios para realizar capturas masivas. El presente trabajo, describe algunos aspectos de los movimientos migratorios de peces en el Río Ucayali, una de las cuencas pesqueras más importantes de la Amazonía peruana.

Metodología

Los lugares de colección fueron seleccionados utilizando mapas y fotografías aéreas. Las muestras se obtuvieron utilizando redes de diferentes tamaños de mallas y especímenes capturados por pescadores.

Se analizó el contenido de alimento en los estómagos de los peces, el nivel de desarrollo de las gónadas y el nivel de grasa en los intestinos.

Para los análisis físicos y químicos del agua se utilizaron los métodos recomendados por Welch (1968). Las concentraciones de oxígeno, pH, CO₂, conductividad y alcalinidad del agua fueron determinadas utilizando un laboratorio portátil. Se utilizó un disco Secchi y un termómetro para analizar la transparencia y temperatura de las aguas, respectivamente.

Resultados y Discusión

Los cambios en las características físicas y químicas del Río Ucayali tienen relación con los cambios en el nivel de agua. En el periodo de crecientes, origina el arrastre de grandes cantidades de minerales y el agua es más alcalina (65 a 70 ppm). El agua tiene menos transparencia (de 13 a 15 cm) y mayor conductividad (190 a 210 microOhms.cm⁻¹) que en vaciante. En época de vaciante, el agua recibe menos minerales (no se registra significativo arrastre de sedimentos) porque las lluvias son escasas y el agua solo corre a lo largo de su lecho lo que genera una menor conductividad (150 microOhms.cm⁻¹); adicionalmente la velocidad del agua (1.11 m.s⁻¹) en esta época es menor que en la época de crecida (2.02 m.s⁻¹), lo que permite una mayor exposición a los rayos del sol y un aumento de la temperatura. En referencia a la Cocha Supay, el cambio de las características químicas y físicas es mayor que el del Río Ucayali (Fig. 1). El primer periodo está influenciado por la crecida del río y las lluvias, sin embargo en el periodo cuando la cocha está aislada del río, las características del agua son críticas (Agosto y Septiembre), debido a que el lago tiene menor concentración de oxígeno como consecuencia del estancamiento del agua y porque recibe aguas con pH ácido.

En relación a las áreas de desove, estas se constituyen temporalmente en época de creciente en las zonas de encuentro de las aguas negras provenientes de las cochas con las del Río Ucayali. Las características físico químicas adecuadas para el desove, es el resultado de la combinación de estos dos tipos de agua (Tabla 1). Los datos de Junio a Octubre son de la quebrada Supay en época de vaciante, cuando no tiene influencia del Río Ucayali y atraviesa estos terrenos que son utilizados por los agricultores para la producción de arroz y fríjol. Otro factor importante de esta área es la baja velocidad del agua y su continuidad con las áreas inundables del bosque, que son las áreas de crecimiento post larval y alevinaje.

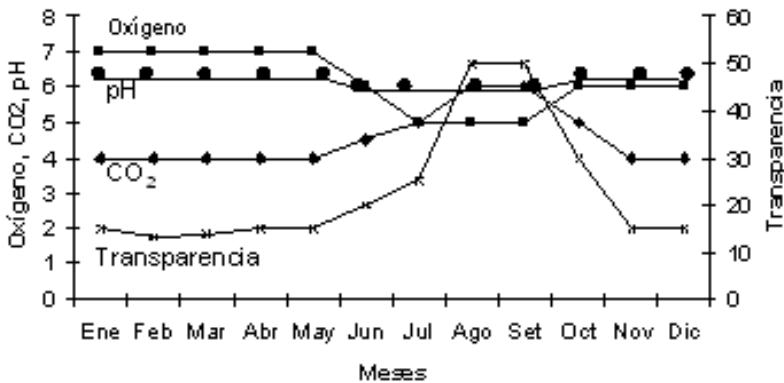


Figura 1. Relación entre concentración de oxígeno (ppm), CO₂ (ppm), pH, y transparencia (cm) y conductividad (μOhm/cm) en cocha Supay. 1986.

Tabla 1. Características físicas y químicas de las áreas de desove (Supay): Oxígeno, Anhídrido carbónico, Alcalinidad (ppm); Conductividad (μOhm/cm), Temperatura (°C), Transparencia (cm).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Oxíg	7	7	7	7	7	5	5	4	4	4	7	7
CO ₂	4	4	4	4	4	7	7	10	10	10	4	4
pH	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	5.5	5	5	5	5	6.5	6.5
Alc.	65	63	65	60	65	60	20	15	15	15	65	65
Cond.	210	215	220	220	215	70	60	30	30	30	210	210
Tem.	24	24	24	24	24	26	26	26	26	25	24	24
Tran.	15	17	6	4	16	85	79	70	76	70	30	15

Fructificación

Las plantas producen frutas desde noviembre hasta mayo (Fig. 2, época de crecida del río). El agua cubre completamente los árboles pequeños y gran parte de los más altos. La gamitana así, como otros peces tiene abundante alimentación gracias a la crecida del río que facilita el acceso a estas áreas. Nosotros hemos encontrado en el contenido estomacal de las gamitanas restos de las siguientes plantas: «cético» *Cecropia* sp., «capinuri», *Naucleopsis ulei*, «palometa huayo» *Neea hirsuta* y *Neea virens*, «ciamba» *Oenocarpus multicaulis*, «ñejilla» *Bactris riparia*, «fanache» *Eugenia inundata*, «camu camu» *Myrciaria dubia*, «renaco» *Ficus* sp., «sacha guayaba» *Eugenia patrisii*, «azucar huayo» *Hymenaea courbaril*, «chiringa» *Hevea guianensis*, «tucunare huayo» *Dalbergia inundata*, «charichuelo chico» *Garcinia madruno*, «charichuelo grande» *Garcinia macrophyla*, «Sapallito» *Cayaponia amazonica*, «Coconilla» *Solanum sessile*, «yacushapana» *Terminalia dichotoma*, *Vismis gracilis*, *Xilopia aff. Frutescens* y «tamara» *Cretiva tapia*.

Características biológicas de la Gamitana.

Reproducción

- a) De Enero a Marzo los órganos sexuales están descansando y recuperándose (estadio II).
- b) De Mayo a Agosto los huevos son visibles (estadio III).
- c) De Septiembre a Octubre la mayoría de las gamitanas están maduras (estadio IV).
- d) En Noviembre y Diciembre la gamitana está preparada para desovar (estadio V).

La gamitana come generalmente frutas durante la época de creciente y zooplankton en la época de vaciante. En el análisis de las muestras biológicas se encontraron 20 diferentes especies de frutas y una gran abundancia de copépodos en los estómagos. Sin embargo, en algunas ocasiones se encontraron larvas e insectos adultos. Según información personal de Charles Petter (Jardín Botánico de Nueva York) en pruebas de germinación, utilizando dos tipos de semillas de *Myrciaria*, una de los intestinos de las gamitanas y otras de los arbustos, el resultado demostró que el rango de germinación de las semillas sacadas del intestino es más alto que el de las recogidas de los arbustos, lo que indica que existe capacidad escarificadora de los jugos gástricos.

Alimentación (Fig. 2)

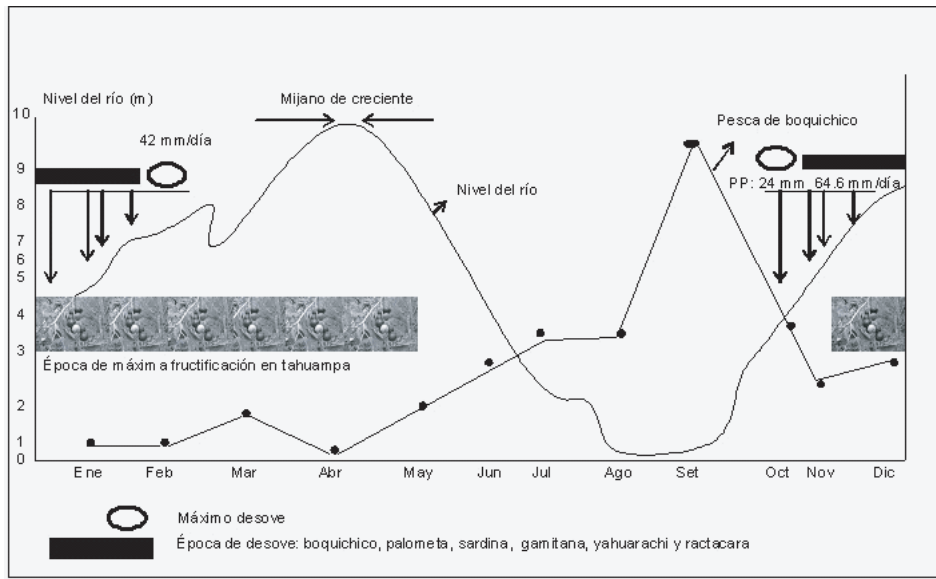


Figura 2. Relaciones de factores biológicos en relación al nivel del Río Ucayali.

Acumulación de grasa (Fig. 3)

De enero a junio el nivel de grasa se incrementa de la fase 1 a la 5 debido a que la gamitana encuentra gran cantidad de alimentos en las áreas inundables, pero de julio a diciembre, el nivel de grasa disminuye de la fase 4 a la 1 porque la mayoría de esta grasa es utilizada en el desarrollo de las gónadas.

Migración (Fig. 2)

Se encontraron dos tipos de migración muy marcadas, una la migración de desove y la otra de dispersión.

La migración de desove

Los peces encontrados en estas migraciones, además de la gamitana fueron el yahuarachi, ractacara, palometa, lisa de seis franjas, yaraquí, boquichico, sardina. El desove de estos peces se realiza en los lugares donde se mezcla el agua procedente de las cochas marginales con el agua blanca del Río Ucayali (zonas de desove). El fenómeno se pudo observar desde el mes de Noviembre hasta el mes de Febrero, pero siempre después de una fuerte precipitación. Encontramos abundantes peces desovados en los gramalotales y terrazas ubicadas en la orilla del Río

Ucayali (boca del supay). El mayor evento de desove registrado fue el del 13 de Noviembre de 1986 en la boca del Supay después de una precipitación de 65 mm al día; en otra ocasión se registró un desove después de una precipitación de 24 mm. La gamitana sigue el cauce del río principal y áreas inundables, nadando entre los árboles.

Zonas de desove

Es importante destacar que se ubicaron las siguientes zonas de desove entre Bagazán y Requena: Boca de la Cocha Supay, Boca Cocha Capite, Boca Carahuayte, Boca del Iricahua, Boca del Chingana, Frente al Huacarayco, Boca del Yanallpa y Pastoria.

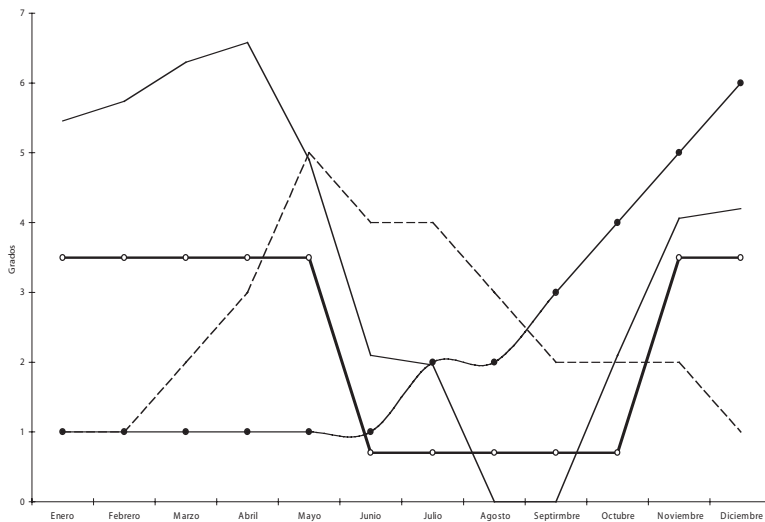


Figura 3. Variación del nivel del Río Ucayali (m) y el grado de desarrollo de las gónadas (1-6), del nivel de grasa (1-5) y de la presencia de frutos (usamos 1 para la ausencia y 5 en presencia total).

Migración de dispersión

Es importante indicar que en el año 1985 no hubo migración de dispersión en la zona de estudio, en cambio los años 1984 y 1986 si. El mijano en esta zona empezó la primera semana del mes de Abril de 1986 cuando el nivel del río había subido 8.70 m. El mijano terminó entre el 20 y 30 de Mayo del mismo año, es decir duró aproximadamente dos meses.

El recorrido del mijano entre Bagazán y Requena sigue las cotas mas altas alcanzadas por el nivel del Río Ucayali y principalmente la parte litoral de la margen derecha. Los mijanos de creciente se realizan contra la corriente y los principales peces que los componen son: ractacara, yahuarachi, boquichico, lisas, palomentas, yaraqui, estos constituyen el 86% del stock. El 14% restante lo componen el sabalo cola roja, el sabalo cola negra, bagres, yulillas, sardina, paña, pacos y gamitanas. Las zonas altas que limitan y estrechan la cuenca del río obligan al mijano a salir de las zonas inundables y seguir las orillas del río. Estos lugares son las principales zonas de pesca en esta época. Entre Bagazán y Requena se han identificado seis zonas de pesca en esta época: Bagazán, Chingana, Zona frontal de Genaro Herrera, Santa Rosa, Requena y Pastoría. El promedio de pesca en pleno mijano fue de 4.31 Kg/hora tarrafa y de 1 a 2 T.M. por embarcación pesquera por día.

En Abril y Mayo, los peces comienzan su migración río arriba. Esta migración es diferente de las migraciones que mencionan otros autores que afirman que han encontrado para otras zonas para desovar, porque en este caso los peces tienen las gónadas poco desarrolladas (estadios I-II). Esta es llamada migración de dispersión porque permite que los lagos río arriba estén colonizados por una gran cantidad de peces y es la razón por la cual casi todos los lagos del Río Ucayali tienen gamitanas. Esta migración es difícil de explicar, sin embargo podría estar relacionada con una estrategia natural de supervivencia, mediante la cual, la gamitana utiliza mas tipos de hábitats. Por coincidencia también es una estrategia de la selva amazónica debido a que la gamitana dispersa las semillas de los árboles a través de la orilla del río y áreas inundables, creando así un equilibrio, el cual consiste en que la parte baja del río es repoblada por la corriente de agua cargando huevos y semillas y la parte alta es repoblada por los peces que migran. Sin la existencia de esta migración, la parte alta del río quedaría muy pobre de recursos.

Referencias

- Campos, L. 1993. The Culture of Gamitana (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) in Latin America. Thesis of Master of Science. Illinois University at Carbondale, USA.
- Goulding, M. 1980. The Fishes and the Forest, explorations in Amazonian natural history. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California.
- Lowe-McConnell, R. H. 1975. Fish Communities in tropical freshwaters, their distribution, ecology and evolution. Longman Inc., New York, USA.
- Sioli, H. 1984. The Amazon, Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Monographiae biologicae, V 56; W. Junk Publishers (Eds).
- Welch, P. 1968. Limnological Methods. Mc. Graw-Hill. Ann Arbor, Michigan, USA.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman & Hall, London, UK.

Táticas reprodutivas de peixes em ambientes de várzea na Amazônia Central

Sidinéia Aparecida Amadio, Maria Mercedes Bittencourt

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Avenida André Araújo, 2936, Petrópolis, 69083-000, Manaus, AM, Brasil
e-mail: amadio@inpa.gov.br, mercedes@inpa.gov.br

Palavras chave: táticas reprodutivas, Characiformes, peixes da Amazônia, várzea.

Resumo

Este trabalho objetivou determinar algumas táticas reprodutivas adotadas por peixes Characiformes em ambientes de várzea da Amazônia Central. Os métodos utilizados encontram-se detalhados em Vazzoler (1996). A maioria das espécies apresenta fecundação externa e realiza deslocamentos longitudinal ou lateral; a reprodução ocorre principalmente nos períodos de seca e enchente. Espécies migradoras e com desova total apresentam fecundidade alta e possivelmente predominância de fêmeas. O comprimento médio de primeira maturação gonadal é ferramenta importante para comparações espaço-temporal, não permitindo padronizações.

Introdução

As informações sobre a composição, estrutura e dinâmica de peixes sugerem que os sistemas de várzea, além de representarem habitats permanentes para espécies sedentárias de grande valor econômico como representantes das famílias: Cichlidae, Sciaenidae, Osteoglossidae e Arapaimidae, sejam áreas utilizadas também para a alimentação, reprodução e criadouro de várias espécies de Characiformes migradores (Cox-Fernandes & Petry, 1991; Furch & Junk, 1997).

Apesar da pesca ser uma atividade extrativista de extrema importância na Amazônia, do ponto de vista social e econômico, existe, até o momento, poucas informações básicas sobre a dinâmica de populações dos estoques pesqueiros, assim como dos fatores bióticos e abióticos que afetam a produtividade dos estoques, dificultando medidas de conservação nesta região. Uma premissa básica para viabilizar propostas de aproveitamento racional e de planejamento do manejo

dos recursos pesqueiros, é o conhecimento das estratégias do ciclo de vida das espécies exploradas (Bayley & Petrere, 1989).

Os peixes exibem um amplo espectro de respostas do ciclo de vida associadas a esse ciclo de cheia-seca, em decorrência das modificações sazonais, abióticas e/ou biótica, no meio aquático. Estudos sobre espécies da Amazônia Central têm mostrado que o organismo pode apresentar adaptações às mudanças ambientais decorrentes da flutuação do nível das águas. Essas adaptações podem ocorrer nos processos biológicos para o aproveitamento dos recursos disponíveis em cada fase do ciclo, como alimentação e reprodução, podem ser morfo-fisiológicas para suportar condições desfavoráveis e adaptações comportamentais (comportamento migratório) para usufruir dos benefícios da cheia e/ou evitar, temporariamente, as desvantagens da seca (Menezes & Vazzoler, 1992).

O objetivo deste trabalho é determinar quais as táticas reprodutivas adotadas pelos peixes Characiformes em ambientes de várzea que os tornam aptos a viverem e serem abundantes nesses ambientes, com modificações sazonais, proporcionando uma ferramenta útil para o manejo dos recursos pesqueiros da Amazônia Central.

Metodologia

Obtenção dos dados

Os exemplares utilizados nesta investigação são provenientes de dois ambientes de várzea, lagos do Rei (03°05'–3°12'S e 59°50'W) e Catalão (30°9'47"S e 59°54'29"W). Os peixes foram capturados bimestralmente no lago do Rei e mensalmente no Catalão, com um conjunto padronizado de redes de espera (malhadeiras) imersas por 24 horas, com despescas a cada 6 horas. Após a triagem e identificação dos exemplares as seguintes informações foram anotadas: comprimento padrão em milímetros; peso em gramas e determinação macroscópica do sexo e estágio de desenvolvimento gonadal (Vazzoler, 1996). Gônadas femininas em estágio avançado de maturação gonadal foram retiradas e imersas em solução de Gilson para dissociação dos ovócitos. Após a sua limpeza, os ovócitos foram preservados em álcool 70%.

Análise dos dados

As análises foram feitas considerando os períodos hidrológicos, que foram definidos pela altura da água (cota) registrada no Porto de Manaus: enchente (período

ascendente do rio entre as cotas 20 e 26 metros), cheia (cota superior a 26 metros), vazante (período descendente do rio entre as cotas 26 e 20 metros) e seca (cota inferior a 20 metros).

As espécies escolhidas para este estudo satisfizeram os critérios de ocorrência nas duas áreas de amostragem, abundância relativa igual ou superior a 1% da captura total em pelo menos um dos locais e captura de exemplares maduros.

Comprimento médio de primeira maturação sexual (L_{50}): A curva sigmóide, resultante da distribuição das frequências de indivíduos adultos, foi ajustada a uma função logística para a obtenção do valor de L_{50}

$$Y = 1/(1 + \exp(-(b1) \cdot (x - (b2))))$$

onde: x = valor médio da classe de comprimento

y = frequência relativa de fêmeas adultas nesta classe

O valor de $b2$ desta função corresponde ao valor de L_{50}

Proporção sexual: As frequências absolutas de machos e fêmeas por período hidrológico e total e por classe de comprimento foram comparadas por meio do teste G (Zar, 1996) para determinar se existe diferença significativa na proporção esperada de 1:1.

Fator de Condição Relativo: O fator de condição relativo, Kn (Le Cren, 1951), foi calculado para cada exemplar pela seguinte expressão:

$$Kn = W_t/a \times L_s^b$$

onde: W_t = peso total (g)

L_s = comprimento padrão (mm)

a e b = coeficientes da regressão entre W_t e L_s :

Amplitude do Período de Reprodução: A duração do período reprodutivo foi obtida por meio da análise das frequências de ocorrência de fêmeas em estádios avançados de maturação e esvaziadas.

Tipo de desova: Este parâmetro foi caracterizado por meio da análise de dois conjuntos de dados: frequência dos diâmetros de ovócitos presentes nas gônadas e variação temporal das frequências dos diferentes estádios de maturação gonadal.

Fecundidade: Os ovócitos intraovarianos, com diâmetro igual ou superior a 200 mm, presentes numa sub-amostra de volume conhecido foram contados utilizando-

do-se estereomicroscópio. As sub-amostras foram extraídas com pipeta Stempel e para cada espécie foi estimada a fecundidade total.

Resultados e Discussão

As informações obtidas para o lago do Rei e Catalão encontram-se sumarizadas nos Quadros 1 e 2, respectivamente. As táticas reprodutivas mais comumente consideradas em estudos de reprodução de peixes estão apresentadas para espécies de fecundação externa, sem cuidado com a prole com deslocamento, longitudinal ou lateral, exceto para *Cichla monoculus*, *Satanoperca jurupari* da família Cichlidae, *Hoplias malabaricus* da família Erythrinidae, e *Plagioscion montei* e *P. squamisissimus* da família Sciaenidae, que não apresentam comportamento migratório. Os resultados, em sua maioria, são complementares à síntese apresentada por Vazzoler & Menezes (1992) para peixes de várias regiões da América do Sul, incluindo a Amazônia. Os padrões gerais relatados pelos autores no que se refere à influência do nível fluviométrico na delimitação do período reprodutivo foi também verificado neste trabalho. A maioria das espécies dos dois locais considerados se reproduzem durante os períodos da seca e enchente (Fig. 1).

Os valores de fecundidade existentes na literatura não permitem identificação de padrões por duas razões básicas: incerteza da estimativa, principalmente para as espécies com desova parcelada e labilidade do parâmetro. Entretanto, os dados da literatura e os nossos sugerem que as espécies que realizam migração e têm desova total apresentam fecundidade alta, em oposição àquelas residentes com desova parcelada, possuem fecundidade baixa (Vazzoler & Menezes, op.cit).

A estimativa do L_{50} também apresenta problemas na determinação de padrões tendo em vista sua variabilidade, pois trata-se de um parâmetro intimamente relacionado às interações genótipo-ambiente e, conseqüentemente, apresenta variações intra-específicas espaciais e temporais relacionadas às condições ambientais bióticas e abióticas prevalecentes (Vazzoler *et al.*, 1997). Por outro lado é uma medida essencial nos programas de manejo da pesca. Outro item pouco discutido na literatura é a proporção sexual e que teve resultado marcante neste estudo; a grande maioria das espécies nos dois locais mostrou predominância de fêmeas. A vulnerabilidade das fêmeas aos aparelhos de pesca (Isaac *et al.*, 2000) seria uma explicação, além de possível crescimento e mortalidade diferenciada.

Quadro 1 – Compilação dos dados obtidos para os exemplares do Lago do Rei

Gênero	Espécie	Cpmed	MinRep	L ₅₀	PR	TD	FEC	K _n	Psexo
<i>Acestrorhynchus</i>	<i>falcistrostris</i>	155,9	206		SE	P	24280	0,992	+F
<i>Anodus</i>	<i>elongatus</i>	222,7	0		0	T		0,994	1:1
<i>Cichla</i>	<i>monoculus</i>	215,2	205	185	SE	P		1,003	+F
<i>Curimatella</i>	<i>meyeri</i>	130,1	119		SEC	T	172843	1,049	
<i>Hoplias</i>	<i>malabaricus</i>	250,2	182		SECV	P	13211	1,013	+F
<i>Leporinus</i>	<i>friderici</i>	200,3	125		SE	T		1,008	1:1
<i>Pellona</i>	<i>castelnaeana</i>	308,0	182		0	T		0,995	+F
<i>Pellona</i>	<i>flavipinnis</i>	219,1	112		VSE	T	20922		+F
<i>Plagioscion</i>	<i>montei</i>	201,3	178		SECV	P	13411	1,012	+F
<i>Plagioscion</i>	<i>squamosissimus</i>	236,6	180		VSE	P	15491	1,006	+F
<i>Potamorhina</i>	<i>altamazonica</i>	206,2	189		E	T		1,011	+F
<i>Potamorhina</i>	<i>laticor</i>	176,7	160		SE	T		1,008	+F
<i>Prochilodus</i>	<i>nigricans</i>	215,1	265		S	T		1,002	+F
<i>Psectrogaster</i>	<i>amazonica</i>	121,9	155		SE	T		1,001	+F
<i>Rhaphiodon</i>	<i>vulpinus</i>	329,8	0		0			1,009	+F
<i>Rhytidodus</i>	<i>microlepis</i>	261,8	256		0	T		1,009	1:1
<i>Satanoperca</i>	<i>jurupari</i>	130,7	104		SEC		849	1,013	1:1
<i>Schizodon</i>	<i>fasciatus</i>	226,6	230		SE	T	103495		+F
<i>Triportheus</i>	<i>albus</i>	148,8	130		CV	T	20860	1,005	+F
<i>Triportheus</i>	<i>elongatus</i>	177,4	0		0	T	-	1,002	+F
<i>Triportheus</i>	<i>angulatus</i>	140,7	95		SE	T	29502	1,014	+F

A predominância de fêmeas poderia ainda ser interpretada como uma estratégia para aumentar a fecundidade total da população de espécies migradoras com fecundidade individual alta, entretanto, por ora, faltam-nos dados para estabelecer esta relação. Este estudo evidencia a necessidade de complementação de informações sobre comportamento reprodutivo de peixes tanto quanto a padronização metodológica, permitindo conclusões seguras.

Quadro 2 - Compilação dos dados obtidos para os exemplares do Catalão

Gênero	Espécie	Cpmed	MinRep	L ₅₀	PR	TD	FEC	K _n	Psexo
<i>Acestrorhynchus</i>	<i>falcistrostris</i>	234,5	60	159	EC	P	27 834	1,024	+F
<i>Anodus</i>	<i>elongatus</i>	174,4	160	130	SE	T	15 300	1,019	+F
<i>Cichla</i>	<i>monoculus</i>	183,0	188	187	EC	P		1,010	+F
<i>Curimatella</i>	<i>meyeri</i>	122,8	76	113	E	T	100 850	0,927	+F
<i>Hoplias</i>	<i>malabaricus</i>	242,9	166	169	SEC	P		0,989	+F
<i>Leporinus</i>	<i>friderici</i>	136,1	178	134	SE	T		1,007	1:1
<i>Pellona</i>	<i>castelnaeana</i>	255,4	190	163	C	T		1,037	+F
<i>Pellona</i>	<i>flavipinnis</i>	161,7	125	118	VS	T	17 957	1,050	+F
<i>Plagioscion</i>	<i>montei</i>	177,7	177	135	0	P		0,959	1:1
<i>Plagioscion</i>	<i>squamosissimus</i>	217,6	188	174	VSE	P		1,022	+F
<i>Potamorhina</i>	<i>altamazonica</i>	170,1	162	118	E	T		0,989	+F
<i>Potamorhina</i>	<i>latior</i>	149,0	166	105	0	T		1,009	+F
<i>Prochilodus</i>	<i>nigricans</i>	187,9	0		0	T		1,016	+F
<i>Psectrogaster</i>	<i>amazonica</i>	123,0	124	104	SE	T		1,018	+F
<i>Rhaphiodon</i>	<i>vulpinus</i>	263,2	340		EC			1,000	+F
<i>Rhytiodus</i>	<i>microlepis</i>	217,6	0		0	T		1,026	+F
<i>Satanoperca</i>	<i>jurupari</i>	117,2	128		EC			1,005	1:1
<i>Schizodon</i>	<i>fasciatus</i>	176,0	141		E	T	63 901		+F
<i>Triportheus</i>	<i>albus</i>	119,2	116		CVS	T			+F
<i>Triportheus</i>	<i>elongatus</i>	155,4	140		0	T			+F
<i>Triportheus</i>	<i>angulatus</i>	139,7	91		SE	T			+F

Cpmed = comprimento padrão médio (mm); MinRep = menor fêmea madura capturada (mm); L₅₀ = comprimento médio de primeira maturação sexual (mm); PR = período reprodutivo; TD = tipo de desova; FEC = fecundidade média; K_n = condição; Psexo = proporção de sexos.

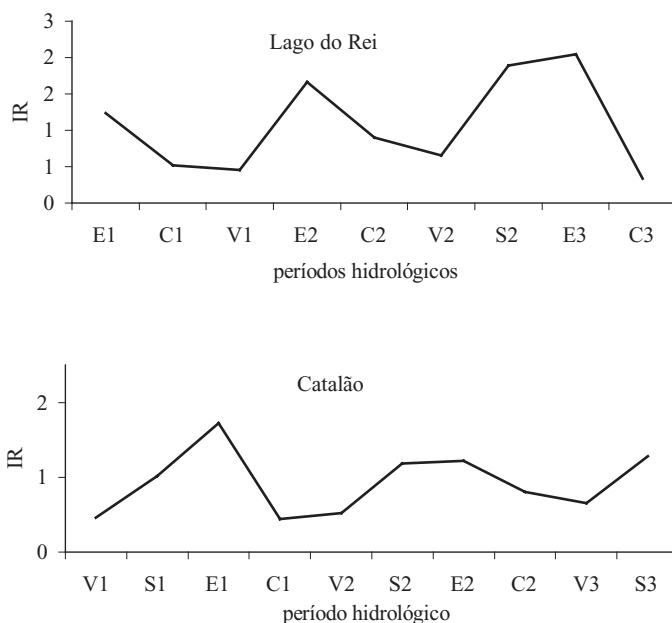


Figura 1. Valores da intensidade reprodutiva (IR) no lago do Rei e Catalão

Referências

- Bayley, P.; Petrere, M. 1989. Amazon fisheries: assessment methods, current status and management options. *In: Dodge, D. P. (Ed.) Proceedings of the International Large River Symposium. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106.*
- Cox-Fernandes, C.; Petry, P. 1991. A importância da aárzea no ciclo de vida dos peixes migradores na Amazônia Central. *In: Val, A. L.; Figliuolo, R.; Feldberg, E. (Eds). Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas, Vol.I. Manaus, AM. SCT/INPA. p. 315-319.*
- Furch, K.; Junk, W.J. 1997. Physiochemical conditions in the floodplains. *In: Junk, W. J. (Ed). The Central Amazon Floodplain - Ecology as a pulsing System. Springer. 525 p.*
- Isaac, V.J.; Rocha, V.L.C.; Mota, S.Q.C. 2000. Ciclo reprodutivo de algumas espécies de peixes comerciais do baixo Amazonas. *In: Recursos Pesqueiros do Médio Amazonas – biologia e Estatística Pesqueira. Ibama. Brasília. p. 31-64.*
- Menezes, N.A.; Vazzoler, A.E.A.M. 1992. Reproductive characteristics of Characiformes. *In Hamlett, W. C. (Ed.). Reproductive Biology of South American Vertebrates. Springer-Verlag, New York. p. 60-70.*

- Vazzoler, A.E.A.M. 1996. Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática. Maringá: EDUEM, São Paulo: SBI. 169 p..
- Zar, J.H. 1996. Biostatistical Analysis. Prentice Hall Internacional Editions, USA. 662 p.

Análisis de los desembarques de la flota pesquera comercial de Iquitos

Áurea García Vásquez, Salvador Tello Martín

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Programa de Ecosistemas Acuáticos (PEA), Avenida Abelardo Quiñones, Km. 2.5. Apartado postal 784, Iquitos, Perú
e-mail: aureagarcia@ yahoo.com, dirpea@iiap.org.pe

Palabras Clave: Flota pesquera comercial, desembarques, boquichico, ractacara

Resumen

Se analizó los desembarques de la flota pesquera comercial de Iquitos para describir la tendencia de las capturas de 9 años (1996 - 2004). Los resultados indican una disminución paulatina de los desembarques en los últimos años, así como cambios en la composición de especies, como consecuencia de la pesca intensiva. *Prochilodus nigricans*, fue la especie más importante de la captura hasta mediados de 1999. A partir de entonces, es desplazada del primer lugar por *Potamorhina altamazonica* que se convierte en la especie más abundante en los desembarques de los últimos 4 años.

Introducción

La pesca es una actividad importante y tradicional de la Amazonía *Peruana* debido a que abastece de proteína animal de bajo costo a la población ribereña. Actualmente, cerca de 80 000 toneladas de pescado son extraídas por la pesquería de subsistencia y comercial que son las de mayor relevancia dentro de la pesca de consumo, debido a que aportan el 75% y el 25%, respectivamente (Tello, 1995). La pesquería comercial de Iquitos se sustenta desde hace años en especies de vida corta, rápido crecimiento y alta fecundidad, habiendo experimentado cambios notables durante los últimos años, relacionados con la disminución de los desembarques y cambios en la composición de especies en las capturas.

El propósito de este documento es presentar un análisis sobre los desembarques

de la flota pesquera comercial de Iquitos a fin de proporcionar información que contribuya a la adopción de medidas de manejo responsable de esta importante pesquería.

Metodología

Se recopiló, sistematizó y analizó información de las estadísticas de desembarque de la flota pesquera comercial de Iquitos registrada por el Gremio de Pescadores Artesanales de Loreto (GREPALI) y la Dirección Regional de Pesquería de Loreto (DIREPRO).

Resultados y Discusión

Desembarque de la flota pesquera comercial de Iquitos

Los desembarques en Iquitos (Fig. 1) presentan un comportamiento irregular que es característica de una pesquería multiespecífica en la cual el régimen hidrológico desempeña una función reguladora de la producción pesquera (Tello, 1998). En la Figura 1 se observa que el desembarque descendió desde 2 000 toneladas (1996) hasta 1 220 toneladas (1998), para incrementarse paulatinamente dos años después hasta alcanzar 2 003 toneladas. A partir de entonces, el desembarque fue disminuyendo hasta alcanzar las 1 202 toneladas en el 2004, que representa el 60% de lo desembarcado en el año 2000. Esta tendencia negativa se hace más evidente si analizamos las estadísticas de los años 1986 - 1996 que reportan desembarques anuales promedio de 2 200 toneladas (Tello, 1998).

Del análisis anterior, se desprende que las poblaciones de peces probablemente estén siendo afectadas por la intensidad de pesca lo que se confirma al analizar el índice de abundancia relativa, expresado como captura por unidad de esfuerzo (cpue), que muestra la misma tendencia de los desembarques a través del tiempo. En la Figura 2, se observa que el mayor índice (4.96 t/viaje) determinado para el año 1997, desciende hasta 2.71 t/viaje, 7 años después. Tello (1998), menciona que las fluctuaciones en el índice de abundancia se debe, principalmente, a variaciones en los niveles de inundación y a la intensidad de pesca.

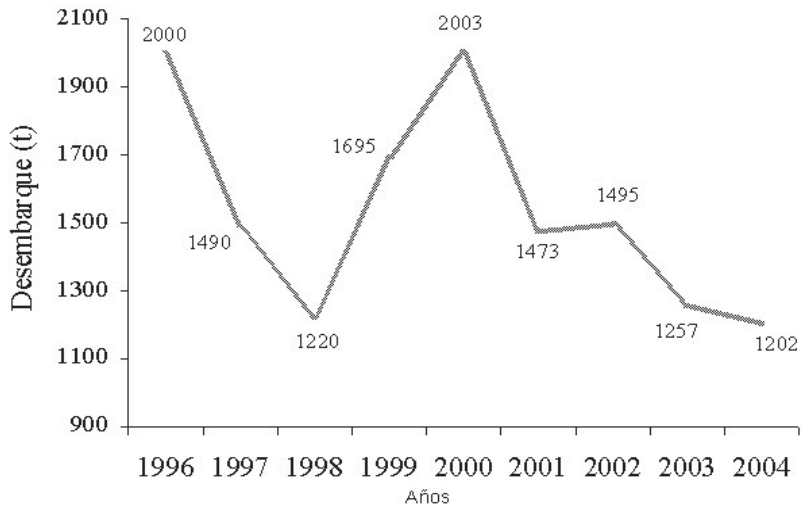


Figura 1. Desembarque de la flota pesquera comercial de Iquitos (pescado fresco) entre 1996–2004

Especies desembarcadas por la flota pesquera comercial de Iquitos

Un total de 31 especies fueron capturadas por la flota pesquera de Iquitos en los últimos años. En el 2004, cinco especies representaron el 87.6% del total desembarcado, siendo llambina *Potamorhina altamazonica*, la más importante (35.8%), seguida de ractacara *Psectrogaster amazonica* (30.9%), boquichico *Prochilodus nigricans* (9.6%), sardina *Triportheus spp* (8.1%) y palometa *Mylossoma duriventis* (3.2%). Las especies restantes representan solo el 12.4% de los desembarques debiendo indicar que un nombre común muchas veces involucra a varias especies (Tello, 1995; Guerra *et al.*, 1999; Muñoz & Vargas, 2002).

Cambios en la composición de especies

Los reportes de la flota pesquera comercial de Iquitos, durante los años 1996 al 2004, muestran variaciones en los volúmenes de desembarque. En el caso de boquichico, ocurre una disminución a mediados de 1999 y continua hasta el 2004 (Figura 3). Por otra parte, los desembarques de llambina se incrementan a mediados de 1999, desplazando a boquichico del primer lugar en los años siguientes. Similar comportamiento muestra ractacara cuyos volúmenes desembarcados se incrementan en el 2003, superando inclusive a boquichico en el 2004.

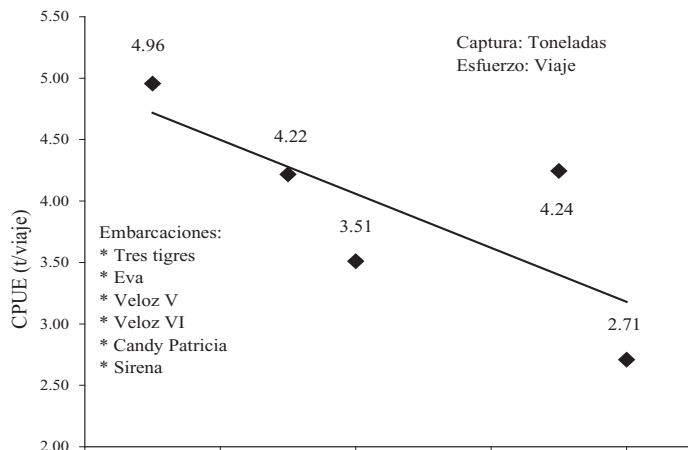


Figura 2. Fluctuaciones de la captura por unidad de esfuerzo en el período comprendido entre 1996 - 2004

Los cambios en la composición de los desembarques se mantienen a partir del año 2000, como consecuencia, probablemente, de la sobrepesca de algunas especies como boquichico en lugares cercanos a ciudades como Iquitos, Requena, Nauta y Contamana (Guerra *et al*, 1999), que se reflejan en la talla

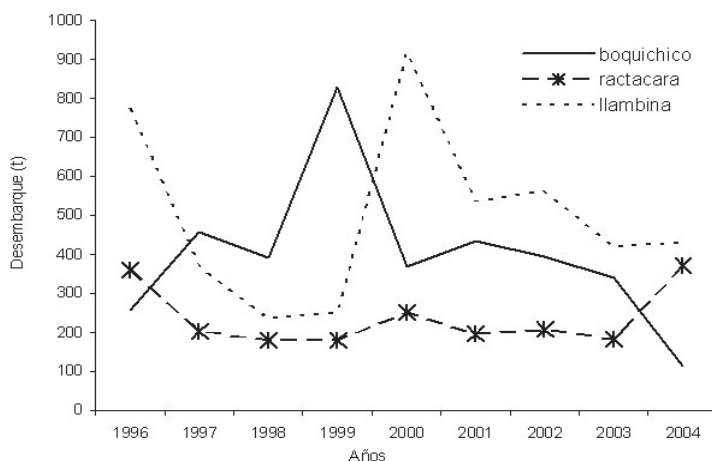


Figura 3. Variación de los desembarques de las principales especies que sustentan la pesquería comercial de Iquitos

promedio de captura determinada (22.7 cm de longitud a la horquilla, datos colectados en el año 2002), que es inferior a la talla de primera maduración (24.3 cm L.H. en hembras, determinado por García & Rodríguez, 1995). En llambina, la talla promedio de captura (19.5 cm L.H.) es ligeramente superior a la talla de primera maduración (19.2 cm L.H. en hembras, determinado por García & Montreuil, 2004) lo que probablemente se deba a que la presión de pesca a la que está sometida esta especie aún no ha afectado su recuperación natural, encontrándose en los desembarques un gran porcentaje de individuos maduros, lo que posiblemente sea la causa por la que esta especie haya superado a boquichico en las estadísticas de desembarque.

Análisis del desembarque en relación al consumo de pescado

Actualmente, la oferta satisface gran parte de la demanda de pescado en la ciudad de Iquitos, debido a que el volumen total desembarcado por la pesquería comercial como pescado fresco (salpreso y seco salado convertidos a fresco por los factores 1.8 y 2.5, respectivamente, de acuerdo a Hanek (1982), durante el 2003 fué de 5 224 toneladas, y la demanda de pescado estimada a través del consumo per cápita de 20.4 kg/persona/año (INEI, 1992), para una población de 261 648 habitantes (INEI, 2002) fué de 5 338 toneladas. Según este cálculo, la pesca comercial satisface el 97 % de la demanda, quedando el 3 % cubierto por la pesca de subsistencia que se realiza en lugares aledaños a Iquitos. Este resultado es similar a lo reportado por Tello (1995) que determina que la pesca comercial satisface el 92 % de la demanda de pescado en Iquitos.

Referencias

- García, A.; Rodríguez, R. 1994. Estudio de la madurez sexual de «boquichico» *Prochilodus nigricans* (Agassiz, 1829). Universidad Nacional de la Amazonia *Peruana*. Facultad de Ciencias Biológicas. Tesis para optar Título Profesional de Biólogo.
- García, A.; Montreuil, V. H. 2004. Utilización de la talla de primera maduración de llambina (*Potamorhina altamazonica*, COPE 1878) en la regulación de la explotación de sus poblaciones en la Amazonía *Peruana*. VI Congreso Internacional sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía. Iquitos, Perú.
- Guerra, H.; Tello, S.; Vigo, M.; Rodríguez, R. 1999. Estudio de mercado y comercialización de productos de la pesca y sus derivados en el área de influencia del río Amazonas frontera *Peruana* – colombiana. PEDICP – INADE.
- Hanek, G. 1982. La pesquería en la Amazonía *Peruana* presente y futuro. FAO. Documento de campo 2.

- Muñoz, D.; Vargas, G. 2004. Zonas de pesca y composición de la captura en el bajo Ucayali. Universidad Nacional de la Amazonía *Peruana* Iquitos-Perú. Tesis para optar Título Profesional de Biólogo.
- Tello, S. 1995. Relevamiento de información sobre captura y esfuerzo pesquero con destino a ciudades. Documento Técnico N°12 IIAP – Iquitos, Perú.
- Tello, S. 1998. Analysis of a Multispecies Fishery: The Commercial Fishery Fleet of Iquitos, Amazon Basin, Department of Fisheries and Wildlife Oregon State University. M.S. Thesis.

Pesca comercial y manejo pesquero en la cuenca Amazónica y el Pantanal Boliviano (Bolivia)

Paul Van Damme & S. Najaya

Asociación FaunAgua, Av. Salamanca 602 esq. Calle Lanza, Casilla 5263,
Cochabamba, Bolivia
e-mail: paul.vandamme@bo.net

Resumen

Bolivia cuenta con una legislación pesquera obsoleta, además existe poca atención pública al sector. En los últimos años se han acumulado varias experiencias de manejo pesquero a nivel local que podrían alimentar la elaboración de un nuevo marco legal para la pesca comercial. La presente nota describe brevemente algunas de estas experiencias.

Introducción

El sector pesquero en Bolivia es muy poco desarrollado en comparación con la situación en los países amazónicos vecinos. Se estima que la captura anual en la cuenca Amazónica y en la cuenca del Río Paraguay (Pantanal *Boliviano*) no sobrepasa los 3 000 toneladas. La pesca comercial en la parte boliviana de la cuenca amazónica se concentra mayormente en los ríos Beni, Madre de Díos, Iténez y Mamoré. En el Pantanal *Boliviano*, se desarrolla una pesca comercial artesanal a baja escala en las lagunas que están conectadas con el Río Paraguay.

El bajo desarrollo de la pesca comercial coincide con el poco interés que los gobiernos nacionales consecutivos han brindado a este sector. La pesca está regulada a través de una legislación obsoleta, y no existen hasta la fecha políticas pesqueras concertadas. Debido a la falta de información fidedigna sobre el estado del recurso pesquero, las autoridades regionales tienden a implementar restricciones y estrategias de manejo inoportunas, dificultando el inicio de un diálogo constructivo con los pescadores locales. Este panorama está cambiando paulatinamente gracias a varias iniciativas locales y regionales que tienen como objetivo el de manejar los recursos pesqueros residentes en lagunas y pantanos. Además se están desarrollando estrategias interdepartamentales y nacionales que tienen como objetivo el de manejar a los

recursos pesqueros migratorios. Estas experiencias locales y regionales tienen el potencial de retroalimentar el proceso que debería llevar a la elaboración de un marco legal a nivel nacional y departamental.

En este estudio presentamos brevemente las experiencias de manejo pesquero que se han adquirido en tres cuencas: (a) el Río Paraguá (tributario del Río Iténez); (b) la cuenca media del Río Iténez; y (c) el Pantanal Boliviano (cuenca del Río Paraguay).

Legislación y manejo pesquero estatal

En los años anteriores, el actor público en Bolivia ha estado virtualmente ausente en el tema pesquero. Es ilustrativo revisar como se ha estado aplicando la veda como instrumento «público» de manejo pesquero.

El Centro de Desarrollo Pesquero hasta el año 1997 aplicó vedas en varias regiones del país, a pesar de recibir señales de expertos nacionales e internacionales de que la eficacia de este enfoque no estaba suficientemente demostrada. Desde que en el año 1997 las atribuciones del manejo pesquero fueron transferidas a los departamentos a través de leyes de descentralización, hasta la fecha, las prefecturas han tomado a la veda como la panacea del manejo pesquero. Sin embargo, cada departamento interpretó el concepto de veda como le conviene, sin existir ninguna coordinación interdepartamental. Además, no se distinguió entre la cuenca amazónica y la cuenca del Río Paraguay, cuencas con características hidrológicas totalmente diferentes.

Experiencias locales de manejo pesquero

A través de 3 estudios de caso, queremos indicar el potencial que existe para manejar los recursos pesqueros a nivel local o nivel cuenca.

Plan de Manejo Pesquero de la cuenca baja del río Paraguá:

Fue elaborado en el año 2000, y el proceso culminó el año 2001 con un documento concertado con los actores principales, que son las comunidades indígenas pertenecientes a la TCO demandada «Bajo Paraguá», que viven en la orilla izquierda de dicho río, y los administradores del Parque Nacional Noel Kempff Mercado, el cual se extiende por la orilla derecha del Río Paraguá.

El Río Paraguá es un río de aguas claras que nace en los alrededores de San Ignacio de Velasco (Santa Cruz), en una zona caracterizada por extensos bosques

secos (chiquitanos) y de baja precipitación. Debido a sus características este río se caracteriza principalmente por la presencia de especies de peces residentes, del cual el tucunaré (*Cichla cf. monoculus*) es el más emblemático. En Piso Firme, 30 Km. de la desembocadura de este río en el Río Iténez, se ha desarrollado una pesca modesta de esta especie, que es llevada por flota a San Ignacio de Velasco en los meses de aguas bajas.

El Plan de Manejo Pesquero del río Paraguá fue impulsado por una Organización No Gubernamental que temía sobrepesca de los recursos pesqueros como resultado de la incursión de una hielería en Piso Firme, y fue co-financiado por el Municipio de San Ignacio de Velasco, interesado en recibir el pescado de esta zona. El Plan de Manejo, que tiene un componente fuerte de zonificación y reglamentación, fue elaborado con participación de los pescadores locales. Las recomendaciones se basaron parcialmente en estudios elaborados en el campo, y propuestas por parte de la gente local. Durante algunas talleres, los participantes dijeron unánimemente NO a la malla agallera y regularon el uso de la zagalla. El Plan de Manejo Pesquero resultó como un documento estático que fue utilizado para apagar el fuego que surgió de la incursión de una hielería privada en la zona. Después de haber bajado la tormenta causada por la amenaza de una potencial sobrepesca comercial, se perdió el interés en el tema. Además, no se establecieron mecanismos de manejo adaptativo. El Plan de Manejo no se transformó a un instrumento dinámico, y de verdad quedó en lo olvido. Desde la percepción de la gente local, el Plan de Manejo Pesquero no les brindó beneficios, ni mejoró sus condiciones de vida. A pesar de la falta de continuidad, esto fue la primera vez en Bolivia que el tema pesquero fue tratado a nivel subcuenca. Después de la elaboración del Plan de Manejo Pesquero, el tema pesquero estuvo frecuentemente al orden del día durante reuniones del Comité de Gestión del Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Las comunidades indígenas, por otra parte, discutieron al menos en dos oportunidades el tema de la protección de los recursos pesqueros en la bahía próxima a su comunidad, durante las reuniones del Comité Pesquero local. Finalmente se pudo concluir que el Plan de Manejo como instrumento de manejo pesquero fracasó, sin embargo tuvo la virtud de llevar la atención a este recurso antes muy poco considerado.

Manejo pesquero en la cuenca del Río Iténez.

Desde el año 2002, una organización no gubernamental, apoyado por WWF-Bolivia, impulsó varias actividades apuntando a un manejo pesquero en la cuenca del Río Iténez. Estas iniciativas están enmarcadas en un plan de gestión integral en

esta cuenca, en cooperación con el país vecino Brasil. Al inicio del proceso se firmó un convenio binacional de intenciones, y posteriormente en el transcurso del año 2003 se organizaron tres talleres binacionales para tratar temas de interés común, uno de estos el tema pesquero. Como resultado de este proceso, que involucró actores del departamento del Beni (Bolivia) y del estado de Rondonia (Brasil), se llegó a una lista larga de compromisos, pero difíciles de cumplir. En la fecha, se ha llegado a una lista de intenciones, pero con pocos resultados concretos aún.

En el mismo período, se realizó un diagnóstico en la cuenca media del Río Iténez, resultando en recomendaciones concretas para llegar a un manejo pesquero más eficaz y coordinado a diferentes niveles. Una recomendación fue la incorporación de los actores públicos, prefecturales y municipales, en los procesos de toma de decisiones. Otra fue la de priorizar la elaboración de mecanismos e instrumentos concretos para el manejo pesquero, como los Acuerdos de Pesca entre actores en conflicto.

Uno de los problemas en la implementación de las estrategias propuestas de manejo pesquero es la debilidad institucional de los actores públicos. Esta debilidad contribuye a que todo el proceso dependa en gran medida de actores externos nuevos. Un segundo factor que debilita todo el proceso es la relación asimétrica entre Brasil y Bolivia: en el país vecino hay una tradición larga de manejo pesquero y el estado tiende a jugar un papel preponderante; en contraste con Bolivia. Estas asimetrías dificultan la resolución de las desigualdades en la intensidad de uso del recurso pesquero.

Después del entusiasmo preliminar de los primeros talleres entre Bolivia y Brasil, se ha reconocido la necesidad de realizar avances puntuales y graduales a nivel local y regional. Se reconoce que hay todavía un camino largo por recorrer.

Plan de Manejo Pesquero del Pantanal Boliviano

En el año 2003, se inició la elaboración del Plan de Manejo Pesquero del Pantanal Boliviano, financiado por WWF-Bolivia, y enmarcado en un programa de fortalecimiento de organizaciones mancomunales que enfocan el manejo integral de la cuenca del río Paraguay. En marzo de 2005, este proceso culminó en la concertación del Plan de Manejo Pesquero del Pantanal Boliviano y, hasta finales del 2005, se ha planificado la coordinación con el país vecino (Brasil). Durante el proceso, se decidió nombrar al Pantanal como Área de Comanejo Pesquero (AMP) con sus propios reglamentos, avalado por una resolución prefectural. Con este enfoque se rescata una propuesta que fue introducida en el Anteproyecto de Reglamento de

Pesca y Acuicultura, que dice en el Art. 31 que en estas Áreas se aplicará una reglamentación propia, de acuerdo con la legislación ambiental y conservación de la diversidad biológica, y que la administración de tal área podrá llevarse a cabo mediante la constitución de un Comité Local u otra forma asociativa legalmente constituida que tiene la obligación de elaborar y aplicar un Plan de Manejo.

En general, el manejo enfoca en el fortalecimiento de todos los actores, tanto públicos como locales, y la elaboración de un marco institucional como primer paso hacia la elaboración de una reglamentación pesquera concertada.

El monitoreo de los recursos pesqueros ha sido delegado al segundo plano. Uno de los problemas que surgieron durante el proceso es la resistencia local a la introducción de estrategias de manejo pesquero debido a la mala relación histórica entre autoridades y pescadores locales. Una historia de restricciones y prohibiciones no fundadas y la ausencia total de políticas pesqueras para la región no ha facilitado el inicio de un proceso de co-manejo.

Lo anterior también explica la desconfianza local en investigación y monitoreo, considerado por los pescadores como instrumentos de actores externos en contra de sus beneficios adquiridos. Uno de los logros del Plan de Manejo pesquero es el reconocimiento de la necesidad de combinar la introducción de estrategias de manejo pesquero con la obtención de beneficios para los actores locales. Este esfuerzo se expresa por ejemplo en el fortalecimiento explícito de la Organización de Pescadores Comerciales de Puerto Suárez, que se transforma de esta manera en una contraparte valuable.

Conclusiones

En todas las áreas la elaboración de Planes de Manejo Pesquero ha sido un proceso difícil debido a la desconfianza que existe por parte de autoridades y pescadores. En algunas áreas, se ha podido crear nuevos mecanismos institucionales que prometen un manejo pesquero más eficiente y coordinado en el futuro. Sin embargo, los procesos corren el peligro de verse entorpecido si no llega un impulso fuerte del estado para apoyarlos.

Biología de peces comerciales en el Río Ichilo (Bolivia)

H. Muñoz¹, J. Castellón¹, P. Van Damme²

¹ Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia
e-mail: Huascar811@hotmail.com, jpcastellon@yahoo.com

² Asociación FaunAgua, Av. Salamanca 602 esq. Calle Lanza, Casilla 5263,
Cochabamba, Bolivia
e-mail: Paul.vandamme@bo.net

Palabras claves: Peces comerciales, pesca, migración, río Ichilo, Bolivia

Resumen

El Río Ichilo, es un tributario del Río Mamoré, de aguas blancas que nace arriba de los 4 000 m.s.n.m. Se colectaron estadísticas pesqueras en la localidad de Puerto Villarroel en cooperación con la Asociación de Pescadores (ASPECO). Estos datos permitieron generar información sobre los patrones de migración de las especies presentes. Además, se estudiaron aspectos de la biología de las especies de mayor importancia comercial. Se discute como los datos pesqueros pueden ser utilizados para generar información sobre la biología de los peces.

Introducción

Bolivia hasta la fecha no cuenta con un sistema oficial de colecta de estadísticas pesqueras. La mayoría de las pesquerías comerciales no es monitoreada ni regulada, y la legislación pesquera vigente es obsoleta. En este contexto se ha visto la necesidad de priorizar las actividades de investigación hacia la colecta de datos pesqueros básicos.

Uno de las pesquerías comerciales más importantes del país se sitúa en Puerto Villarroel, a orillas del río Ichilo. Esta cabecera del río Ichilo se caracteriza por su riqueza pesquera. Sin embargo, por ser cabecera, las fluctuaciones estacionales y anuales en la captura son muy grandes.

En la localidad de Puerto Villarroel, se ha experimentado con un sistema de auto-monitoreo de la pesca desde el año 1998. La ventaja de este enfoque es que simultáneamente se puede obtener información sobre la biología de los peces comerciales.

El objetivo de la presente trabajo es presentar algunos datos generales sobre las características de la pesca comercial en Puerto Villarroel, asimismo se presentan algunos datos sobre dos especies comerciales en la cuenca (*Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus*).

Metodología

El río Ichilo, que es un tributario del río Mamoré, es un río de aguas blancas que nace arriba de los 4 000 m.s.n.m. Se caracteriza por pulsos polimodales de inundación de corta duración (Maldonado *et al.*, 1998). La localidad más importante en la cuenca es Puerto Villarroel, donde se desarrolla una pesca comercial de baja escala.

Se colectaron datos pesqueros en cooperación con los pescadores de Puerto Villarroel. Cada dueño de embarcación registro datos de esfuerzo, captura, método de pesca, y lugar de captura.

A través del análisis de datos pesqueros parciales, se obtuvo información sobre patrones de migración de las especies comerciales. En el presente manuscrito se describe la biología de 2 especies que tienen importancia en la pesca comercial: Pacú (*Colossoma macropomum*) y Tambaquí (*Piaractus brachypomus*). Se estudió la dieta y los patrones de reproducción.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra la composición de las capturas en la pesquería comercial de Puerto Villarroel. El pacú y el tambaquí representaron, respectivamente en 1999 y 2000, 17.6 y 22.7% de la captura total (Tabla 1).

En Bolivia las poblaciones de estos carácidos parecen estar subexplotadas y muchos autores sugieren que existe una cosecha sostenible (Loubens & Panfilli 1997, Reinert & Winter 2002), y en los mercados locales existe una gran demanda por lo pimelodidos más que por los carácidos, sin embargo, actualmente la pesca comercial del pacú y el tambaquí se ha incrementado.

En la Figura 1, se muestran las fluctuaciones anuales en la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE). El tambaquí fue capturado mayormente en las partes altas del río Ichilo y en tributarios de aguas claras, el pacú fue capturado mayormente en el canal principal del río Ichilo.

Tabla 1: Importancia del pacú (*Colossoma macropomum*) y tambaqui (*Piaractus Brachypomus*) en las capturas de la pesquería comercial de Puerto Villarroel 1999-2000.

Nombre científico	Nombre local	1999		2000	
		Captura total (kg)	% captura	Captura total (kg)	% captura
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Surubí	9949	19.9	3628	9.4
<i>Pseudoplatystoma tigrinum</i>	Semicuyo	4959	10.0	2888	7.5
<i>Piaractus brachypomus</i>	Tambaquí	5220	10.4	6359	16.4
<i>Colossoma macropomum</i>	Pacú	3604	7.2	2451	6.3
<i>Brachyplatystoma flavicans</i>	Plateado	4977	9.9	1156	3.0
<i>Brachyplatystoma filamentosum</i>	Bacalao	8629	17.2	3935	10.2
<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	General	5014	10.0	5146	13.3
<i>Paulicea lutkeni</i>	Muturu	1504	3.0	1461	3.8
<i>Sorubimichthys planiceps</i>	Paleta	1120	2.2	582	1.5
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Corvina	1634	3.3	666	1.7
<i>Prochilodus nigricans</i>	Sabalo	3284	6.6	10463	27.0
<i>Pellona sp</i>	Sardinon	103	0.2	7	0.0
*	Blanquillo	65	0.1	11	0.0

En la Tabla 2, se muestran las fluctuaciones del Índice-Gónado-somático de pacú (*Colossoma macropomum*) y de tambaqui (*Piaractus brachypomus*). Se puede observar que ambas especies utilizan el área para la reproducción. El desove tiene lugar probablemente en los meses de diciembre y enero, coincidiendo con las primeras crecidas del río Ichilo. Loubens & Panfili (1997, 2001) indican que *C. macropomum* y *P. brachypomus* en aguas bajas empiezan una migración de reproducción hacia los andes, donde desovan en la primera parte de las crecidas. El régimen alimentario de estas dos especies ya es bien conocido, rápido engorde durante las aguas altas, y una disminución de la alimentación durante la época seca (Goulding 1981, Loubens & Panfili 1997, 2001). En el Río Ichilo se observó el mismo comportamiento. En la Figura 2, se presenta el Índice de llenado de las dos especies. Se puede observar que el tambaqui consume más alimento durante su estadía en la zona. Es probable que esta especie oportunista

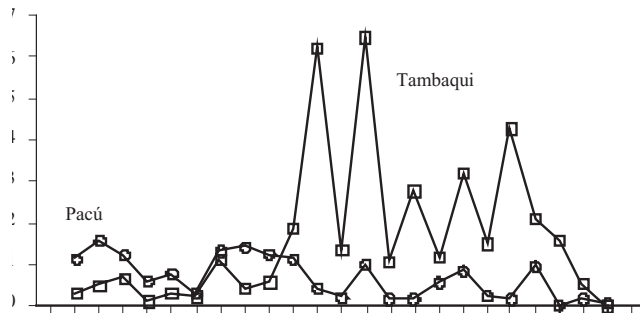


Figura 1: Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de pacú y tambaquí en la cuenca del Río Ichilo

Tabla 2: Fluctuaciones del Índice Gónado-Somático (IGS) de pacú (*Colossoma macropomum*) y de tambaquí (*Piaractus brachypomus*) en el Río Ichilo en 1999 y 2000.

	IGS Pacú		IGS Tambaquí	
	Hembras	Machos	Hembras	Machos
Octubre 1999	-	0,24 ± 0,16 (N=4)	4,7 ± 3,61 (N=13)	0,31 ± 0,14 (N= 6)
Noviembre 1999	5,4 ± 7,55 (N=2)	0,07 ± 0,04 (N=11)	9,4 - (N= 1)	0,26 ± 0,19 (N= 9)
Diciembre 1999	5,7 ± 4,83 (N=15)	0,42 ± 0,18 (N=26)	3,6 ± 3,35 (N=10)	0,71 ± 0,58 (N=14)
Enero 2000	-	-	1,9 ± 4,33 (N=19)	0,38 ± 0,16 (N=17)
Abril 2000	0,1 ± 0,05) (N=2)	0,01 ± 0,00 (N=3)	0,02 - (N=1)	0,2 - (N= 1)

utilice la zona tanto para su reproducción como para su alimentación, además de las cabeceras arriba del Río Ichilo. El pacú, en cambio, probablemente sólo utiliza la zona para su reproducción. Esto se ve reflejado en los datos de pesca, donde *Piaractus brachypomus* es más común en las cabeceras, mientras que en la zona del Mamoré central boliviano y en el bajo Amazonas, *Colossoma macropomum* es la especie más común (Loubens & Panfili 1997, 2001).

Los datos parciales presentados en este manuscrito sugieren que la combinación de datos pesqueros y estudios biológicos es una herramienta para entender la dinámica de las poblaciones de peces comerciales.

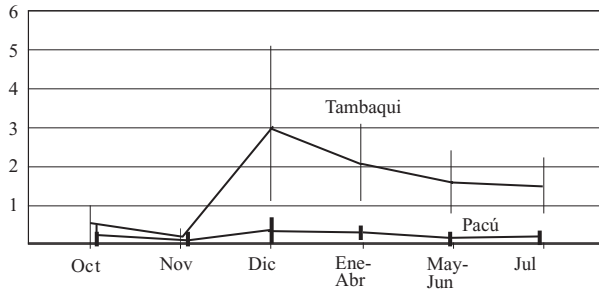


Figura 2: Índice de llenado de tambaquí (*Piaractus brachypomus*) y Pacú (*Colossoma macropomum*) en el Río Ichilo (1999-2000)

Referencias

- Goulding, M. 1981. Man and fisheries on an Amazon Frontier. The Hague : Dr. W. Junk Publishers.
- Loubens, G.; Panfili, J. 1997. Biologie de *Colossoma macropomum* (Teleostei: Serrasalminidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 8: 1-22
- Loubens, G.; Panfili, J. 2001. Biologie de *Piaractus brachypomus* (Teleostei: Serrasalminidae) dans le bassin du Mamoré (Amazonie bolivienne). *Ichthyological Exploration of Freshwater*, 12: 51-64
- Maldonado, M. Goitia, E.; Acosta, F.; Cadima M.; Castellón, D. 1998. Caracterización limnológica de lagunas en la llanura aluvial del río Ichilo, Cochabamba-Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 1: 29-37
- Reinert, T.R.; Winter, K.A. 2002 Sustainability of harvested pacú (*Colossoma macropomum*) populations in the Northeastern Bolivian Amazon. *Conservation Biology*, 16 5: 1344-1355

*Genética
de poblaciones*

Padrões Genético-populacionais de peixes da Várzea

Izeni Pires Farias¹, William R. Vasconcelos¹, Mario S. Nunes¹,
Edvaldo Mota¹, Tomas Hrbek^{1,2}

¹ Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Laboratório de Evolução e Genética Animal (LEGAL), Departamento de Biologia, ICB, Manaus, Amazonas, Brasil

² Universidad del Puerto Rico (UPR) - Río Piedras, Departamento da Biología, San Juan, Puerto Rico
E-mail: izeni_farias@ufam.edu.br

Palavras-chave: peixes, várzea, Amazônia, genética de populações

Resumo

Neste trabalho são discutidos os diferentes padrões genético-populacionais encontrados em espécies de peixes explorados comercialmente na várzea da Amazônia. Baseados em análises de seqüência de DNA mitocondrial, nossos resultados sugerem que espécies migradoras, como *Prochilodus nigricans*, e semi-migradoras, como o *Colossoma macropomum*, não formam populações geneticamente estruturadas, apresentando-se como uma única população panmítica. Entretanto, as espécies não migradoras como o acará-disco *Symphysodon* spp. e *Cichla monoculus* apresentam populações geneticamente diferenciadas, e em alguns casos sugerindo a presença de novas espécies ou de Unidades Evolutivas Significantes.

Introdução

O ecossistema da várzea conta com aproximadamente 3% da área total da bacia Amazônica. Sua biodiversidade é relativamente baixa comparada com a da Terra Firme, mas a biomassa da várzea é muito maior. Devido a diferentes fatores, incluindo alta produtividade, boa qualidade de solo e fácil transporte, o ecossistema da várzea é a região mais densamente ocupada da bacia Amazônica. A várzea é habitada por vários peixes economicamente importantes do ponto de vista de fonte de alimento, tais como pirarucu (*Arapaima gigas*), o tambaqui (*Colossoma*

Tabela I. Dados gerais das principais análises genéticas realizadas para cada espécie.

Espécies	Número Amostral	Média da Diversidade Haplotípica	Média da Diversidade Nucleotídica	F_{ST}
<i>P. nigricans</i>	193	0.892 ± 0.031	0.006 ± 0.003	0.010($p=0.215$)
<i>C. macropomum</i>	60	0.940 ± 0.021	0.005 ± 0.003	0.041($p=0.872$)
<i>Symphysodon spp.</i>	274	0.925 ± 0.011	0.020 ± 0.001	0.806($p=0.000$)
<i>C. monoculus</i>	70	0.995 ± 0.002	0.048 ± 0,020	0,494($p=0,014$)

As extrações de DNA seguiram o protocolo segundo Sambrook *et al.* (1989). Duas regiões do DNA mitocondrial das espécies foram amplificadas via Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), o gene da ATPase 6 e 8 e Região Controle mitocondrial foram amplificados para *C. macropomum* e *P. nigricans*; para *Symphysodon spp.* e *C. monoculus* foi amplificado somente a Região Controle mitocondrial. Os primers usados para amplificar estas regiões gênicas foram aqueles usados por Sivasundar *et al.* (2001). A reação de seqüência foi realizada utilizando-se o kit de seqüenciamento *ET-terminator* da Amersham Bioscience, conforme protocolo do fabricante. As seqüências foram geradas no seqüenciador automático MegaBace 1000 da Amersham Bioscience, e foram editadas e alinhadas no programa BioEdit (Hall, 1999).

As análises genético-populacionais foram realizadas utilizando-se os programas TCS (Clement *et al.*, 2000) o qual implementa o algoritmo descrito por Templeton *et al.* (1992) criando uma árvore filogenética de conexão de haplótipos, e Arlequin (Schneider *et al.*, 2000) para a obtenção dos parâmetros genéticos de diversidade nucleotídica e diversidade gênica de Nei (1987), AMOVA (Excoffier *et al.*, 1992) para testar os níveis de estruturação; também estimou-se os níveis de fluxo gênico (Nm), inferidos a partir das comparações par-a-par dos valores obtidos de F_{ST} . A correção de Bonferroni foi aplicada para todas as análises que envolveram múltiplas comparações.

Resultados e Discussão

Prochilodus nigricans e *Colossoma macropomum*

As espécies *P. nigricans* e *C. macropomum* estão entre as espécies de caracídeos mais importantes da várzea Amazônica, sendo classificados como espécie migradora e semi-migradora, respectivamente. Estas espécies habitam ambientes lacustres e

rios para reprodução, alimentação e dispersão, seguindo o regime de sazonalidade dos rios da Amazônia. No presente estudo, ambas espécies apresentaram altos níveis de fluxo genético entre as diferentes localidades amostras e os dados de AMOVA e F_{ST} não evidenciaram nenhuma estrutura genética, sugerindo-se que cada espécie comporta uma grande população panmítica nos sistemas de rios da várzea. Apesar de super-explorada comercialmente *C. macropomum* ainda evidencia altos níveis de variabilidade genética; o mesmo resultado é observado para *P. nigricans*. Os resultados são encorajadores para a elaboração de planos de manejo sustentável, de conservação dos estoques e para atuar como fonte de reserva para a aqüicultura popular dessas espécies.

Symphysodon* spp. e *Cichla monoculus

O acará-disco está entre as espécies de peixes mais exportadas por ser bastante popular no mercado internacional, já *C. monoculus* tem sido explorado como fonte de alimento e nas atividades de pesca esportiva em vários locais da Amazônia.

Embora classificados como duas espécies, *S. discus* e *S. aequifasciatus* provavelmente não são táxons naturais. Os resultados das análises filogenéticas sugerem que os acarás-disco de diferentes locais da bacia amazônica não podem ser tratados somente como duas espécies, mas sim como um complexo de espécies intrinsecamente relacionados com as bacias hidrográficas as quais pertencem.

Os resultados de AMOVA evidenciaram uma forte estruturação das populações em *Symphysodon* spp. e *C. monoculus* os quais apresentaram uma associação dos haplótipos com áreas geográficas e bacias de rios. Os diferentes índices de diversidade gênica evidenciaram altos níveis de variabilidade genética na maioria das populações amostradas. Em ambas espécies registrou-se casos de prováveis novas espécies, devendo este achado ser confirmado por análises adicionais de genes nucleares e dados morfológicos. Os resultados são encorajadores para a identificação de Unidades de Conservação e de Manejo, importantes para a manutenção desta fonte de recurso.

Classificados como «k» estrategistas, a exploração comercial destas espécies, aparentemente, ainda não tem uma forte influência sobre a sua diversidade, mas monitoramentos nas áreas mais exploradas comercialmente devem ser priorizados.

Refêrencias

Clement, M.; Posada, D.; Crandall, K. A. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology*, 9: 1657-1660.

- Excoffier, L.; Smouse, P. E.; Quattro, J. M. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: Application to human mitochondrial 22 DNA restriction data. *Genetics*, 131: 479-491.
- Hall, T. A. 1999. Bioedit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids. Symposium Series*, 41: 95-98.
- Nei, M. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press. New York.
- Sambrook, J.; Fritsch, T.; Maniatis. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual*, second edition. Cold Springs Harbor Laboratory Press, Cold Springs Harbor, N Y.
- 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>.
- Sivasundar, A.; Bermingham, E.; Orti, G. 2001. Population structure and biogeography freshwater fishes (*Prochilodus*: Characiformes) in major South American rivers. *Molecular Ecology*, 10: 407-417.
- Templeton, A. R.; Crandall, K. A.; Sing, C. F. 1992. A cladistic analysis of phenotypic associations with haplotypes inferred from restriction endonuclease mapping and DNA sequence data: III. Cladogram estimation. *Genetics*, 132: 619-633.

Genética da conservação de *Arapaima gigas*: implicações para localização de áreas protegidas

Tomas Hrbek^{1,2}, Marcelo Crossa³, Izeni P. Farias¹

¹ Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Laboratório de Evolução e Genética Animal, ICB, Manaus, Amazonas, Brazil

² University of Puerto Rico (UPR), Río Piedras, Biology Department, San Juan, PR, Puerto Rico

³ Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM), Santarém, Pará, Brazil
e-mail: tomas@evoamazon.net

Palavras-chave: Pirarucu, estrutura de população, reservas, várzea

Resumo

Análises de autocorrelação espacial de dados de seqüência de DNA e de dados geográficos indicam significativa mudança genética em distâncias superiores a 2 800 km. A conservação e o manejo da diversidade genética distribuída continuamente sugerem um modelo de metapopulação com áreas separadas por não mais do que 2 800 km. Esta estratégia poderia: 1) preservar a diversidade genética de *Arapaima*; 2) criar reservas para suprirem emigrantes para áreas localmente depledadas; 3) ajudar a preservar as regiões de várzea na bacia Amazônica.

Introdução

A espécie *Arapaima gigas*, é conhecida no Brasil como pirarucu, e é um dos maiores peixes de água-doce da América do Sul; esta espécie pode atingir até três metros e pesar mais de 200 kg (Nelson, 1994). Tradicionalmente, *Arapaima* faz parte de uma significativa porção da dieta dos Amazônidas que vivem próximos aos rios da várzea. A exploração comercial de *Arapaima* iniciou-se no início do século 18, a qual encontrou um excelente substituto para o bacalhau (*Gadus morhua*) – salgado e seco. No século 19 e início do século 20 mais de 3 000 toneladas de *Arapaima* foram exportados por ano da Amazônia brasileira (Veríssimo, 1895; Menezes, 1951). Em média 1 kg de um indivíduo adulto de *Arapaima* correspondia em aproximadamente 20 kg de bacalhau, (Crossa & Petrere, 1999) o qual resultou em uma estimativa de aproximadamente 150 000 indivíduos de

Arapaima mortos por ano. Apesar deste nível de exploração, *Arapaima* parece ter sido bastante abundante próximo as grandes cidades da Amazônia e centros de exportação do bacalhau até o início dos anos 60. Entretanto, nos anos 70 *Arapaima* tornou-se altamente escasso e nos anos 80 foi comercialmente extinto próximo às grandes cidades da Amazônia (Goulding, 1980). Desde 1975 *Arapaima* é listado como CITES II. Políticas de manejo e conservação necessitam não somente proteger *Arapaima*, mas também considerar as necessidades socioeconômicas locais. Nós usamos nossos resultados das análises genéticas para investigar quantas reservas são necessárias para manter a viabilidade genética e econômica das populações de *Arapaima gigas* dentro da bacia Amazônica. Além disso, nós pretendemos identificar áreas dentro da várzea com alto potencial para o sucesso deste projeto.

Métodos

Para investigar a conectividade entre nossas localidades amostradas, nós usamos uma análise multivariada (Koenig, 1999; Diniz-Filho & Telles, 2002) para testar uma associação entre a distância genética e a distância geográfica das amostras. Na matriz geográfica um par de amostras é codificado como 1 se as localidades são «conectadas», e 0 se as localidades são desconectadas. As distâncias genéticas foram calculadas usando-se a «distância genética *P* não-corrigida» obtidas dos dados de DNA mitocondrial (Hrbek *et al.*, 2005) e microssatélites (Farias *et al.*, 2003, 2005). O teste estatístico de Mantel foi usado para testar a correlação entre a matriz de distância geográfica e genética, e a significância testada através de permutações. Diferentes matrizes com conectividades de intervalos de 500 km foram criadas e correlacionadas com a matriz de distâncias genética. Para maiores detalhes sobre a construção das matrizes ver Koenig (1999) e Diniz-Filho & Telles (2002). A falta de significância nesta distância geográfica implica em diferenciação em distâncias maiores do que aquelas codificadas como «conectadas» na matriz de distância (Koenig, 1999; Diniz-Filho & Telles 2002).

Resultados e Discussão

Baseados nas análises de 127 indivíduos de *Arapaima* amostrados de sete diferentes localidades da bacia Amazônica, os resultados obtidos de genes mitocondriais não apresentaram nenhuma associação significativa da distância genética com a distância geográfica (teste de Mantel, $r = -0.047$, $p = 0.585$); entretanto uma

associação significativa foi observada com os dados obtidos por microssatélites (teste de Mantel, $r = 0.619$, $p = 0.012$) os quais são marcadores mais sensíveis para análises populacionais. Estes resultados são suportados por prévios estudos utilizando dados de DNA mitocondrial (Hrbek *et al.*, 2005) e de microssatélites (Farias *et al.*, 2005). Nas análises de microssatélites a significância do teste de Mantel suporta a hipótese de isolamento por distância. As análises de autocorrelação sugerem que apesar do isolamento por distância ser um fator significativo de estruturação, este é significativo somente em uma grande escala geográfica. As localidades tornam-se significativamente diferentes somente a partir de 2 500 a 3 000 km (Tabela 1; Fig. 1). Esta distância representa uma porção significativa de todo o sistema da várzea que é de aproximadamente 4 000 km. A não linearidade da autocorrelação observada através de toda a distribuição geográfica (Fig. 1), sugere que outros processos, em adição ao isolamento por distância, são responsáveis pelo padrão genético observado em *Arapaima*. De fato, uma vez que *Arapaima* tem uma longa história de exploração, e em muitas áreas está geneticamente deplegado (Farias *et al.*, 2005, Hrbek *et al.*, 2005), podemos observar uma significativa correlação negativa entre a diversidade genética dentro dos locais amostrados e a diferenciação entre os locais amostrados ($r = -0.9348$, $p < 0.002$). Esta diferenciação genética, provocada pela ação antropogênica nas localidades amostradas, via deriva genética, contribui em parte pela observada não-linearidade do autocorrelograma espacial.

Tabela 1. Valores usados nas análises de autocorrelação espacial dos dados de DNA mitocondrial e de microssatélites de *Arapaima gigas*.

<i>Km</i>	<i>Correlação</i>	<i>p</i>
500	0,284621	0,0325
1000	0,377231	0,0359
1500	0,462248	0,0111
2000	0,552073	0,0124
2500	0,612246	0,0117
3000	0,394847	0,0638

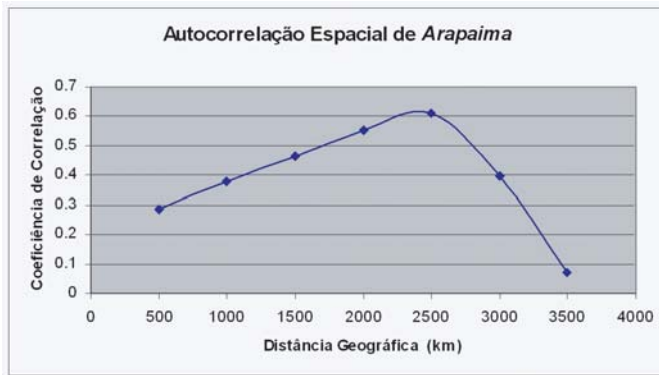


Figura 1. Análises de autocorrelação espacial dos dados de microssatélites. Diferenciações significantes entre os locais de coleta ocorrem de 2 500 e 3 000 km.

No contexto da genética da conservação, a interpretação dos resultados de autocorrelação são simples. Se o correlograma mostra um decréscimo contínuo com o aumento nas distâncias geográficas, isto indica que (1) a variabilidade genética é contínua, ou (2) se a variabilidade genética é descontínua, esta é regulamente distribuída ao longo de um gradiente. Em estudos prévios (Farias *et al.*, 2005; Hrbek *et al.*, 2005) evidenciou-se que a variabilidade genética é contínua. Neste caso, a distância na qual a correlação entre a distância genética e geográfica não é mais significativa (interseção), é útil para definir distâncias geográficas entre regiões geneticamente independentes, e conseqüentemente, para definir unidades para conservação e manejo. Em distâncias menores que a interseção as unidades de conservação são pseudo-replicas uma de cada, enquanto que em distâncias maiores a variação genética pode ser perdida. Preservando as localidades dos pontos extremos dentro da distribuição geográfica da espécie também irá preservar grande parte da diferença entre as populações, e preservará áreas centrais que contêm grande diversidade, chave para o potencial evolutivo da espécie.

A distância de 2 800 km deve desta forma atuar como medida a qual reservas podem ser implementadas. A área do ecossistema da várzea é de aproximadamente 4 000 km, assim pelo menos duas reservas próximas aos extremos de distribuição, e separadas por no mínimo 2 800 km, são necessárias para preservar toda a diversidade genética de *Arapaima gigas*. Adicionalmente, uma ou duas devem ser criadas próximas ao centro de distribuição de *Arapaima*. O sistema dos Rios Araguaia-Tocantins é um sistema descontínuo do sistema da várzea da Amazônia, e por isso uma região apropriada para a criação de uma reserva. Em todos os casos as áreas escolhidas devem possuir grandes áreas de várzea não perturbada

mas que sejam bem conectadas com outras regiões, e áreas que contenham populações de *Arapaima* com alta variabilidade genética. Áreas com populações de alta variabilidade genética são aquelas acima da região de Tefé, e aquelas longe dos grandes centros urbanos e baixo Rio Amazonas.

Embora nós não tenhamos conduzido um estudo sistemático da sustentabilidade dos habitat de várzea, existem várias áreas com excelente potencial. No alto rio Amazonas podemos citar áreas como Pacaya-Samiria, a Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá e o médio Rio Juruá; na região do médio Rio Amazonas temos o médio e baixo Purus, bem como a região do médio Rio Madeira; na região do sistema dos Rios Araguaia-Tocantins temos excelentes áreas como a Ilha do Bananal e possivelmente em outras regiões acima da hidroelétrica de Tucuruí. Selecionar regiões do baixo rio Amazonas é mais difícil devido ao fato desta região estar altamente degradada; a região da várzea é muito densamente populosa. Entretanto, trabalhos de manejo participativo de *Arapaima* já vêm sendo realizados com sucesso na Ilha de São Miguel (Projeto Várzea) e uma reserva poderia ser criada como por exemplo na Ilha de Marajó. É importante que as áreas selecionadas permitam uma produção de muitos indivíduos para que possam funcionar como fonte de emigrantes para outras áreas não protegidas. Estimativas genéticas sugerem que existe um grande número de indivíduos migrando entre diferentes regiões por geração. Desta forma, nós acreditamos que com um manejo apropriado estas áreas-chave de proteção poderiam atuar como áreas de distribuição em um sistema metapopulacional, garantindo e mantendo por um longo período a viabilidade das populações de *Arapaima gigas* em toda a bacia Amazônica. Naturalmente, outras espécies também serão beneficiadas nestas áreas de proteção da várzea.

Agradecimentos

Esta pesquisa foi suportada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e pelo Projeto Várzea do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM, Santarém).

Referências

Crossa, M.; Petrere, M. J. Junior 1999. Morphometric relationships and indirect determination of the length frequency structure of the pirarucu *Arapaima gigas* Cuvier. *Fisheries Management and Ecology*, 6: 173-186.

- Diniz-Filho, J. A. F.; Telles, M. P. D. C. 2002. Spatial autocorrelation analysis and the identification of operational units for conservation in continuous populations. *Conservation Biology*, 16: 924-935.
- Farias, I. P.; Hrbek, T.; Brinkmann, H.; Sampaio, I.; Meyer, A. 2003. Characterization and isolation of DNA microsatellite primers for *Arapaima gigas*, an economically important but severely over-exploited fish species of the Amazon basin. *Molecular Ecology Notes*, 3: 128-130.
- Farias, I. P.; Hrbek, T.; Crossa, M.; Sampaio, I.; Meyer, A. Long-term loss of genetic diversity, and bottleneck in *Arapaima gigas*, the largest fish of the Amazon basin. *Molecular Ecology*, submitted.
- Goulding, M. 1980. *Fishes and the Forest*. University of California press, Los Angeles.
- Hrbek, T.; Farias, I. P.; Crossa, M.; Sampaio, I.; Porto, J. I. R.; Meyer, A. 2005. Population genetic analysis of *Arapaima gigas*, one of the largest freshwater fishes of the Amazon basin: implications for its conservation. *Animal Conservation*, 8: 297-308.
- Koenig, W. D. 1999 Spatial autocorrelation of ecological phenomena. *Trends in Ecology and Evolution*, 14: 22-26.
- Menezes, R. S. 1951 Notas biológicas e econômicas sobre o pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) (Actinopterygii, Arapaimidae). *Serviço de Informação Agrícola / Ministerio da Agricultura. Serie Estudos Técnicos*, 3: 9-39.
- Nelson, J. S. 1994 *Fishes of the World*, 3rd edition. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 624 p.
- Veríssimo, J. 1895 *A Pesca na Amazônia*. Livraria Clássica, de Alves & C., Rio de Janeiro, Brazil, 130 p.

Genética de poblaciones y filogeografía de *Serrasalmus rhombeus* en el alto Madera

Nicolas Hubert¹, Fabrice Duponchelle^{1,2}, Jesús Nuñez^{1,2}, Jean François Renno^{1,2}

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail: myloplus@exite.com
duponchelle@ird.fr
nunez@ird.fr
renno@univ-montp2.fr

¹ Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM y B, La Paz, Bolivia

² Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia

Palabras Claves: *Serrasalmus rhombeus*, genética, EPIC-PCR, mtDNA

Resumen - Introducción

Serrasalmus rhombeus constituye una de las especies más grande de piraña del género *Serrasalmus* alcanzando una longitud estándar de 400 mm (Merckx *et al.*, 2000). Esta presente a lo largo de la cuenca del Amazonas, Orinoco como así también en las Guayanas (Reis *et al.*, 2004). Esta especie tiene una de las distribuciones más amplias del género. Viviendo en grupos de varias decenas de individuos, *S. rhombeus* constituye un componente importante de las comunidades de peces.

Su distribución amplia y su abundancia en los ríos hace de esta especie un buen modelo para la evaluación del impacto del medio ambiente sobre la estructura genética de las poblaciones de peces como así también como el impacto de factores históricos.

La Amazonía boliviana presenta una alta diversidad de ambientes acuáticos (Guyot, 1993) y se caracteriza por la presencia de un refugio en la cuenca del Iténez (Aripuanã). Así hemos analizado la estructura de las poblaciones de *S. rhombeus* en el alto Madera para probar: (1) el efecto de la diversidad de calidad de agua sobre los peces; (2) el efecto de la presencia de refugios del Pleistoceno en la historia de los peces.

Metodología

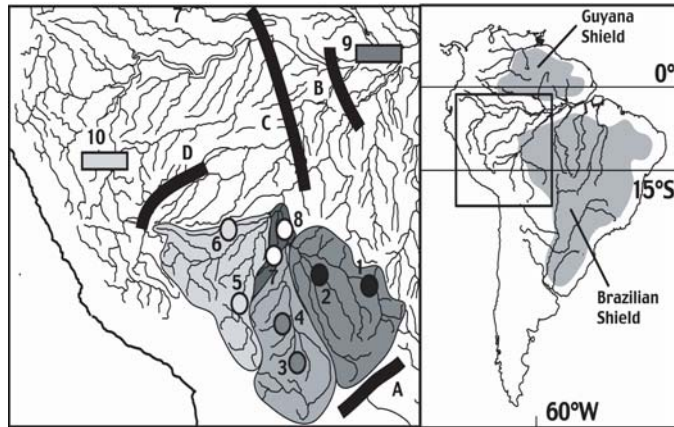


Figura 1. Puntos de muestreo de *S. rhombeus* en la Amazonía Boliviana, Peruana y Brasileira (1, 2: Iténez; 3, 4: Mamoré; 5, 6: Madre de Dios; 7, 8: Yata; 9, Amazonas; 10: Ucayali) y paleoarcos o arcos orogénicos (A hasta D).

Los peces fueron colectados en las principales cuencas del Alto Madera, Amazonía Boliviana y en el Ucayali, Amazonía Brasileira (Fig. 1).

La estructura genética de *S. rhombeus* a sido analizada por medio de la técnica de los EPIC-PCR (Lessa, 1992) que consiste en la amplificación de intrones usando cebadores definidos en las zonas conservadas de los exónes contiguos. Según esta técnica, la mayoría del polimorfismo detectado viene del polimorfismo de tamaño de los intrones que puede ser detectado por electroforesis en geles de acrilamida de 5%. En este estudio se utilizaron al total, 5 pares de cebadores (Bierne *et al.*, 2000; Hassan *et al.*, 2003). La historia demográfica ha sido analizada por medio de la secuenciación de la región de control del ADN mitocondrial con los primers definidos por Sivasundar *et al.* (2001).

Resultados y Discusión

Fueron obtenidos al total, 7 locus polimorficos para 240 individuos de *S. rhombeus* con un numero de alelos fluctuando entre 2 y 4 por locus y un tamaño

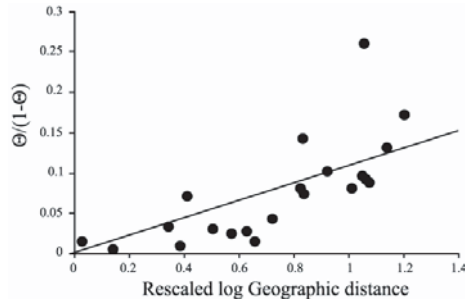


Figura 2. Relación entre la distancia genética y la distancia geográfica pasando por el cauce principal del río dentro de los puntos de muestreo del alto Madera.

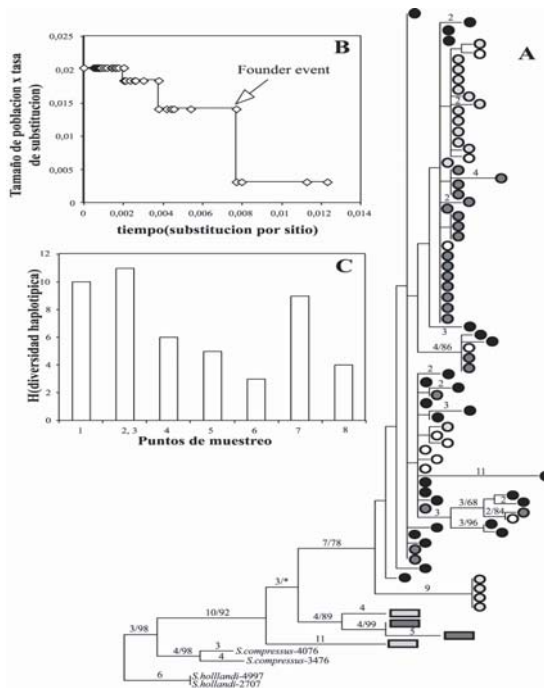


Figura 3. Análisis filogeográfico basado en la región de control de *S. rhombeus*. A. Árbol de parcimonia. La leyenda sigue la de la figura 1. B. Análisis demográfico de los Generalized Skyline Plot; C, Niveles de diversidad del ADN mitocondrial.

entre 435 pb y 1120 pb. La estructura genética de las poblaciones siguen un patrón de aislamiento por la distancia indicando que las poblaciones de *S. rhombeus* están al equilibrio migración/dériva en el alto Madera (Fig. 2).

El análisis de filogeografía ha sido realizado con los 81 haplotipos de la región de control de *S. rhombeus* usando secuencia de *S. compressus* y *S. hollandi* como

grupos externos. El árbol de parcimonia obtenido indica que los linajes del alto Madera constituyen un grupo monofilético bien diferenciado de los linajes de la Amazonía Peruana y Brasileira (Fig. 3A). Esto indica un aislamiento antiguo de las poblaciones de *S. rhombeus* en la Amazonía Boliviana.

El análisis de los Generalized Skyline Plot (Fig. 3B), basado en un algoritmo de coalescencia indica que las poblaciones de *S. rhombeus* han conocido un efecto fundador y que la colonización del alto Madera puede ser reciente. Los niveles de diversidad del ADN mitocondrial indican una diversidad alta del lado del Iténez (Fig. 3C).

Los resultados indican que las poblaciones de *S. rhombeus* han pasado por un evento de expansión que ha permitido la colonización del alto Madera. Además, el análisis de parcimonia indica que las poblaciones de *S. rhombeus* están aisladas de los otros ríos contiguos. Los niveles de diversidad indican que las poblaciones del Iténez presentan una diversidad haplotípica más grande que en los otros ríos. Este resultado junto con la inferencia demográfica apoya la idea que la colonización del alto Madera ha sido iniciada desde el Río Iténez, localizado cerca del refugio del Pleistoceno denominado Aripuanã. Los resultados basados en los EPIC-PCR muestran también que esta colonización es bastante antigua para que las poblaciones hayan tenido tiempo de llegar al equilibrio migración/dériva. Además, el perfil de aislamiento por la distancia soporta la idea que la diversidad de calidad de agua no constituye un factor preponderante en la estructuración de las poblaciones de *S. rhombeus* en el alto Madera.

Bibliografía

- Bierne, N.; Lehnert, S. A.; Bédier, E.; Bonhomme, F.; Moore, S. S. 2000. Screening for intron-length polymorphism in penaeid shrimps using exon-primed intron-crossing (EPIC)-PCR. *Molecular Ecology*, 9: 233-235.
- Guyot, J.-L. 1993. Hydrogéochimie des fleuves de l'Amazonie bolivienne. Editions de l'ORSTOM, Collection Etudes et Thèses, Paris.
- Hassan, M.; Lemaire, C.; Fauvelot, C.; Bonhomme, F. 2003. Seventeen New EPIC-PCR amplifiable introns in fish. *Molecular Ecology*, 2: 334-340.
- Lessa, E. P. 1992. Rapid survey of DNA sequence variation in natural populations. *Molecular Biology and Evolution*, 9: 323-330.
- Merckx, A.; Jégu, M.; Dos Santos, G. M. 2000. Une nouvelle espèce de *Serrasalmus* (Teleostei: Characidae: Serrasalminae), *S. altispinnis* n. sp., décrite du rio Uatumã (Amazonas, Brésil) avec une description complémentaire de *S. rhombeus* (Linnaeus, 1766) du plateau Guyanais. *Cybium*, 24: 181-201.

- Reis, R. E.; Kullander, S. O.; Ferraris, C. J. 2004. Check list of freshwater fishes of South and Central America. Edipucrs, Porto Alegre.
- Sivasundar, A.; Bermingham, E.; Ortí, G. 2001. Population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (*Prochilodus*: Characiformes) in major South American rivers. *Molecular Ecology*, 10: 407-417.

Identificación de especies de pirañas con la utilización de los EPIC-PCR

Nicolas Hubert¹, Fabrice Duponchelle^{1,2}, Jesús Nuñez^{1,3},
Jean François Renno^{1,3}

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail: myloplus@exite.com, duponchelle@ird.fr, nunez@ird.fr
renno@univ-montp2.fr

² Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia

³ Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM y B La Paz, Bolivia

Palabras Claves: pirañas, genética, EPIC-PCR

Resumen-Introducción

Lessa (1992), inicio la técnica de los intron-targeted PCR la cual consiste en la amplificación de intrones utilizando cebadores definidos en la parte conservada de los exónes contiguos. Esta técnica denominada Exon-Primed Intron-crossing (EPIC)-PCR, ha sido utilizada con éxito en varios estudios de genética de poblaciones (Daguin & Borsa, 1999; Hassan *et al.*, 2003a) así mismo altos niveles de polimorfismo han sido detectados debido a la variabilidad de tamaño de los intrones. La técnica de los EPIC-PCR tiene varias ventajas como: (1) utilización de cebadores definidos usando genes ortólogos, la secuenciación puede ser evitada, (2) amplificación de locus entre especies es posible debido a la ubicación de los cebadores en las zonas conservadas de los exones, (3) por la misma razón, artefactos así como la presencia de alelos nulos es menos frecuente. Las pirañas constituye un caso conocido de sistemática difícil donde estudios recientes de citogenética (Nakayama *et al.*, 2002) han mostrado que los patrones de variación de los NOR no logran dar información entre especies cercanas dentro del género *Serrasalmus*.

Metodología

En el presente estudio se utilizó la técnica de los EPIC-PCR para el caso de la fauna de las pirañas del alto Madera (Fig. 1), una de las menos conocida que

incluye actualmente 9 especies: *Serrasalmus rhombeus* (*Srho*), *Serrasalmus maculatus* (*Smac*), *Serrasalmus spilopleura* (*Sspi*), *Serrasalmus compressus* (*Scom*), *Serrasalmus elongatus* (*Selo*), *Serrasalmus hollandi* (*Sho*), *Serrasalmus* sp. (*Ssp.*), *Pygocentrus nattereri* (*Pnat*) and *Catoprion mento* (*Cmen*).

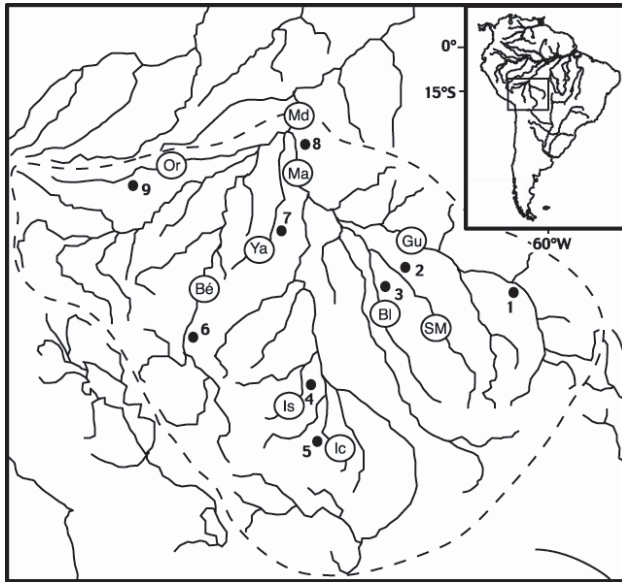


Figura 1. Puntos de muestreo de las pirañas en el alto Madera en la Amazonía Boliviana.

Resultados y Discusión

Hemos usado 5 pares de cebadores (Bierne *et al.*, 2000; Hassan *et al.*, 2003) que han permitido amplificar 14 locus polimórficos. Todos han sido fácilmente leídos en geles de acrilamida e incluidos en un rango de tamaño entre 325 pb y 1090 pb con un número de alelo entre 2 y 10. Los resultados sobre la diferenciación genética de las 9 especies están indicados en la Tabla 1.

Todos los F-estadístico calculados por medio de comparaciones pares fueron altos, (de 0.75 entre *S. rhombeus* y *S. hollandi*, y 1 entre *S. hollandi* y *S. compressus* por ejemplo) y altamente significativos.

El número de locus diagnóstico, dado que un locus es diagnóstico cuando dos especies presentan alelos alternativos, era incluido entre 1 (*S. rhombeus* y *S. hollandi*) y 10 (entre *C. mento* y *S. spilopleura*). El número de locus semi-

diagnostico, dado que un locus es semi-diagnóstico cuando solamente una parte de los alelos son alternativos, fue bajo excepto entre *S. hollandi* y *S. rhombeus*.

Tabla 1. Niveles de diferenciación genética entre especies de piraña del alto Madera. La matriz superior indica los F_{st} entre especies y la matriz inferior indica la cantidad de locus diagnostico y semi-diagnostico.

	<i>Srho</i>	<i>Smac</i>	<i>Sspi</i>	<i>Scom</i>	<i>Selo</i>	<i>Pnat</i>	<i>Shol</i>	<i>Ssp</i>	<i>Cmen</i>
<i>Srho</i>	-	0.82**	0.75**	0.83**	0.82**	0.86**	0.74**	0.83**	0.88**
<i>Smac</i>	6-3	-	0.83**	0.82**	0.77**	0.79**	0.84**	0.84**	0.85**
<i>Sspi</i>	5-3	8-2	-	0.87**	0.86**	0.87**	0.82**	0.88**	0.89**
<i>Scom</i>	4-3	6-3	8-1	-	1**	0.92**	1**	0.83**	1**
<i>Selo</i>	5-1	7-2	8-1	8-1	-	0.92**	1**	0.93**	1**
<i>Pnat</i>	8-2	3-5	10-2	8-1	8-2	-	0.96**	0.92**	0.92**
<i>Shol</i>	1-6	9-2	5-2	4-2	6-1	9-2	-	0.91**	1**
<i>Ssp</i>	5-2	8-2	7-2	4-2	6-0	8-2	4-4	-	0.95**
<i>Cmen</i>	8-2	7-1	10-1	8-2	8-0	10-1	6-1	8-1	-

** Nivel de significancia $p=0.01$

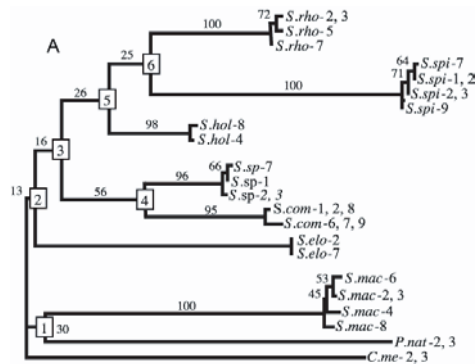


Figura 2. Árbol de distancia genética (*Neighbor joining*) entre poblaciones de cada especie. Los números encima de las ramas indican los valores de bootstrap.

La diferenciación genética de las especies de pirañas del alto Madera es alta y el árbol de distancia genética entre poblaciones confirma este resultado como cada especie constituye un grupo bien definido con un soporte estadístico alto (Fig 2). Por lo tanto podemos concluir que el polimorfismo de tamaño de los intrones, obtenido con la técnica de los EPIC-PCR, es una herramienta poderosa para la identi-

ficación de las especies de pirañas del alto Madera. Por otra parte hemos podido confirmar el estado biológico de las especies de la región, llegando a detectar una especie nueva. Este trabajo muestra que la técnica de los EPIC-PCR constituye un marcador eficiente cuando el conocimiento genómico es raro y que permite ampliar trabajos sobre otros grupos de peces donde la sistemática es difícil.

Referencias

- Bierne, N.; Lehnert, S. A.; Bédier, E.; Bonhomme, F.; Moore, S. 2000. Screening for intron-length polymorphism in penaeid shrimps using exon-primed intron-crossing (EPIC)-PCR. *Molecular Ecology*, 9: 233-235.
- Daguin, C.; Borsa, P. 1999. Genetic characterization of *Mytilus galloprovincialis* Lmk. in North West Africa using nuclear DNA markers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 235: 55-65.
- Hassan, M.; Harmelin-Vivien, M.; Bonhomme, F. 2003a. Lessepsian invasion without bottleneck: example of two rabbitfish species (*Siganus rivulatus* and *Siganus luridus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 291: 219-232.
- Hassan, M.; Lemaire, C.; Fauvelot, C.; Bonhomme, F. 2003b. Seventeen New EPIC-PCR amplifiable introns in fish. *Molecular Ecology*, 2: 334-340.
- Lessa, E. P. 1992. Rapid survey of DNA sequence variation in natural populations. *Molecular Biology and Evolution*, 9: 323-330.
- Nakayama, C.; Porto, J. I. R.; Feldberg, E. 2002. A comparative cytogenetic study of five piranha species (*Serrasalmus*, Serrasalminae) from the Amazon basin. *Genetica*, 114: 231-236.

Variabilidad genética y estructuración poblacional de *Cichla monoculus* en el Alto Madera (Bolivia), a partir del análisis EPIC-PCR

Fernando Carvajal^{1,2}, Jesús Nuñez^{1,2}, Fabrice Duponchelle^{1,3},
Jean Francois Renno^{1,2}

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France

e-mail: renno@univ-montp2.fr

nunez@ird.fr duponchelle@ird.fr dugue@ird.fr

² Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM y B, La Paz, Bolivia

³ Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia

e-mail: fmcvalle@yahoo.com

Palabras claves: *Cichla*, Amazonía Boliviana, EPIC-PCR

Resumen

El tucunaré es un recurso pesquero muy poco conocido en los ríos de Bolivia. A partir de la variación alélica de varios intrones se concluyó que esta especie está estructurada en 4 poblaciones en Bolivia. Dos de estas poblaciones serían el resultado de dos efectos fundadores que ocurrieron desde el Iténez Central. Esta zona, probablemente llegó a ser un refugio del cuaternario o el primer lugar de colonización de la especie antes de su dispersión en Bolivia.

Introducción

Tucunaré o pavón es el nombre común con el que se conoce a los cíclidos piscívoros neotropicales de mayor tamaño. Estos peces ampliamente distribuidos en la cuenca amazónica y en la orinoquía, tienen un alto valor económico tanto para la pesca comercial y local de subsistencia, como en actividades de pesca deportiva (Taphorn & Barbarino, 1993; Winemiller, 2001)

Al momento 5 especies están consideradas como válidas de las 15 nominales. De todas ellas *C. monoculus* y *C. temensis* parecen ser las únicas que habitan en

ambientes de aguas claras, negras o blancas mientras que las restantes parecen habitar únicamente aguas claras o negras. A pesar de ser un componente ecológico importante y un recurso ampliamente distribuido, se sabe poco sobre la biología de estos peces e incluso sobre su taxonomía, puesto que se presume la existencia de al menos 12 especies (Alves *et al.*, 2004). Los únicos trabajos que tratan sobre la dinámica de poblaciones de estos peces, han sido publicados en los últimos 4 años y enfocan particularmente sobre la hibridización entre *C. temensis* y *C. monoculus* en su ambiente natural y reservorios (Texeira & de Oliveira, 2005).

El presente trabajo tiene por objeto determinar si en la amazonía boliviana la única especie identificada como *C. monoculus* está compuesta por una sola unidad poblacional estructurada en relación a su distribución geográfica y ecología.

Metodología

Se capturaron 186 individuos en 5 localidades representativas de la amazonía boliviana (Alto Madera) entre el año 2001-2003: Ríos Manuripi, Yata, Iténez, Sécure e Ichilo (Fig. 1). De cada individuo se preservó una muestra de músculo para la amplificación de secuencias intrónicas (AldoB1 y MhcII: Hassan *et al.*, 2002, Opsin y Actin Bierre *et al.*, 2000).

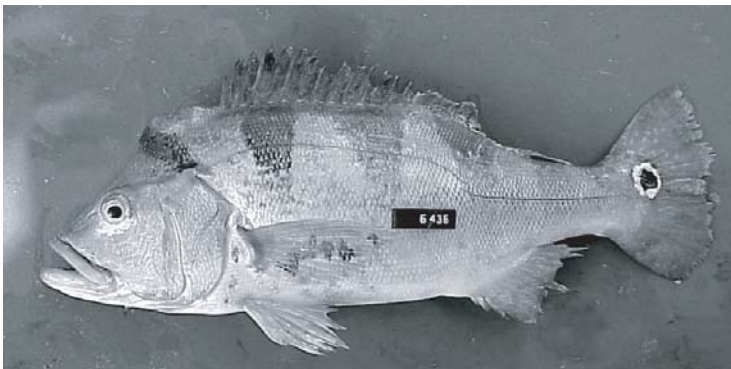


Figura 1. Tucunaré (*Cichla monoculus*) de Bolivia, laguna Limón, Parque Isiboro-Sécure.

Mediante la técnica Exon-Primed Intron-Crossing (EPIC-PCR) se analizó el polimorfismo en longitud obtenido a partir de la variación alélica detectada al comparar la heterocigocidad esperada y observada; mientras que el estado del flujo genético intra- e inter-muestras geográficas fue determinado a partir del índice de endogamia F_{is} y el índice de fijación F_{st} , siguiendo el tratamiento de datos presen-

tado en esta publicación sobre *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus* (Renno *et al.*).

Resultados y discusión

De manera general 5 loci intrónicos fueron visualizados, dos de ellos fueron ampliificados simultáneamente a partir de los iniciadores del intrón Actin y uno por cada par de iniciadores restantes. La variabilidad genética encontrada

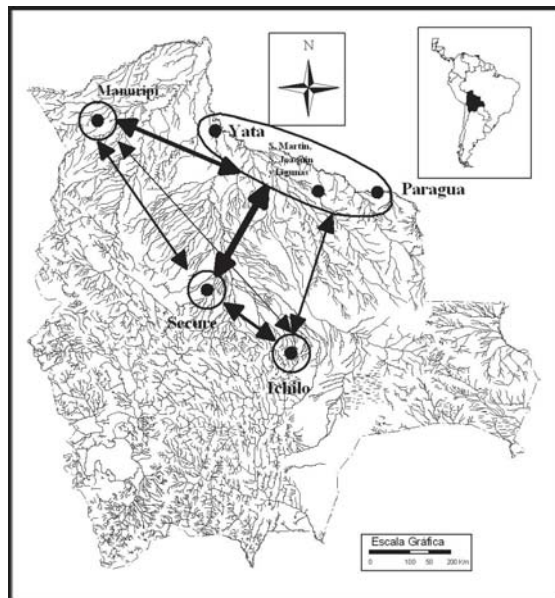


Figura 2. Representación de la estructuración de las poblaciones de tucunare en Bolivia. El grosor de las flechas es proporcional al flujo genético entre las poblaciones. (Diseño cartográfico Milton Zapata, ULRA).

sugiere que la mayor diversidad alélica se encuentra en la zona del Iténez Central (Río San Martín-San Joaquín) y la menor en los Ríos Manuripi e Ichilo. Estas últimas dos muestras geográficas fueron monomórficas en todos sus loci, excepto un locus de un individuo del Río Ichilo.

Por otro lado, al analizar la estructuración de la especie a nivel de la Amazonía boliviana, se encontró que las muestras analizadas se dividen en 4 unidades panmícticas significativamente diferenciadas, sin estructuración en toda la cuenca del Río Iténez entre los varios sitios estudiados (lagunas Larga, Redonda, Sala y

Río San Joaquín). Estas unidades que representan poblaciones geográficamente separadas, habitan las aguas del Río Manuripi, Sécore, Ichilo y el conjunto Yata-Iténez respectivamente. Entre la población del Río Manuripi e Ichilo se da el menor flujo génico y el mayor entre las poblaciones del Río Sécore y el conjunto Yata-Iténez (Fig. 2).

Finalmente, al correlacionar la distancia genética inferida vs la distancia geográfica a vuelo de ave o por el curso normal de los ríos se determinó que existe una estructuración dependiente de la distancia geográfica entre las poblaciones y que la dispersión principalmente toma lugar por el curso normal de los ríos (Fig. 3).

Considerando que los 5 loci fueron encontrados en cada uno de los puntos de muestreo y que la parte central de la cuenca del Río Iténez posee la mayor diversidad genética (alélica), a diferencia de las poblaciones del Río Ichilo y Manuripi que poseen la menor; sugerimos que a nivel de la amazonía boliviana existe una sola especie de tucunaré geográficamente estructurada.

El origen de las poblaciones monomórficas en el Río Ichilo y Manuripi sucedió a partir de 2 efectos fundadores desde la población fuente en el Iténez Central. La mayor diversidad existente en esta zona podría deberse a que el área fue un refugio o que la zona fue el primer lugar de colonización antes de una dispersión ulterior hacia la amazonía boliviana. No obstante, esta hipótesis debe ser demostrada analizando mayor número de muestras provenientes de las poblaciones supuestamente fundadas (Ríos Manuripi e Ichilo).

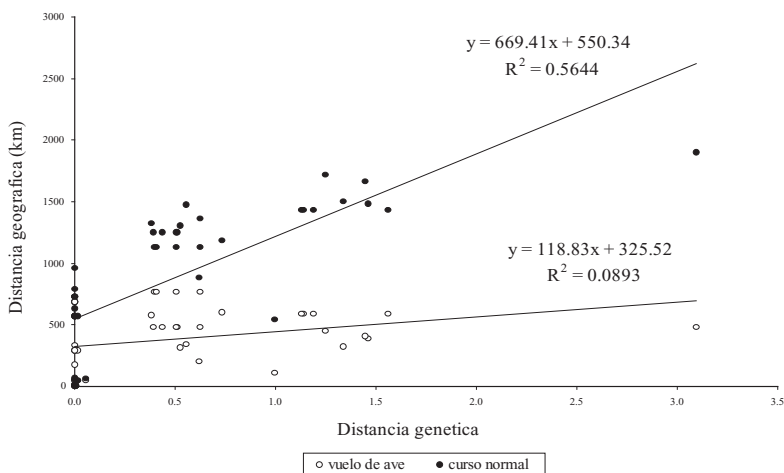


Figura 3. Relación de la distancia genética (F_{ST}) vs la distancia geográfica a vuelo de ave y por el curso normal de los ríos.

Referencias

- Alves, M. N.; Rebelo, J. I.; Feldberg, E. 2004. Karyological evidence for interspecific hybridization between *Cichla monoculus* and *C. temensis* (Perciformes, Cichlidae) in the Amazon. *Hereditas*, 141: 252-257.
- Bierne, N.; Lehnert, S.A.; Bédier, D.; Bonhomme, F.; Moore, S.;S. 2000. Screening for intron-length polymorphisms in penaeid shrimps using exon-primed intron crossing (EPIC)-PCR. *Molecular Ecology*, 9: 133-135.
- Hassan, M.; Lemaire, C.; Fauvelot, C.; Bonhome, F. 2002. Seventeen new exon-primed intron-crossing polymerase chain reaction amplifiable introns in fish. *Molecular Ecology Notes*, 2: 334-340.
- Taphorn, D. C.; Barbarino, A. 1993. Evaluación de la situación actual de los pavones, (*Cichla* spp.), en el Parque Nacional Capanaparo-Cinaruco, Estado Apure, Venezuela. *Natura*, 96: 10-25.
- Texeira, A. S.; de Oliveira. 2005. Evidence for a natural hybrid of peacock bass (*Cichla monoculus* vs *Cichla temensis*) base on esterase electrophoretic patterns. *Genetics and Molecular Research*, 4: 74-83.
- Winemiller, K. O. 2001. Ecology of peacock cichlids (*Cichla* spp.) in Venezuela. *Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences*. Cichlid Research: State of the Art. 9: 93-112.

Filogenia, filogeografía y estructura poblacional de las especies de *Prochilodus* (Prochilodontidae, Characiformes) en las principales cuencas fluviales de Sudamérica

Guillermo Ortí¹, Chenhong Li¹, Izeni Pires Farias²

¹University of Nebraska, School of Biological Sciences, Lincoln,
NE 68588-0118, USA
e-mail: gorti1@unl.edu

²Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Laboratório de Evolução e
Genética Animal, ICB, Manaus, Amazonas, Brazil
e-mail: izeni@argo.com.br

Palabras Claves: ADN mitocondrial, intrón nuclear, variación genética, hibridización interespecífica.

Resumen

Análisis genéticos y filogenéticos de poblaciones de 5 de las 13 especies incluidas en el género *Prochilodus* (*lineatus*, *nigricans*, *rubrotaeniatus*, *mariae*, y *magdalenae*) en base a secuencias de ADN mitocondrial y del tercer intrón de un gen nuclear separan claramente las 5 especies en grupos monofiléticos, correspondiendo a su distribución geográfica: (Magdalena, (Orinoco, (Amazonas, Paraná))). La genealogía de alelos nucleares presenta una distribución mas compleja, pero ambos marcadores evidencian flujo génico desde el Paraná hacia el Alto Madera y Guaporé.

Introducción

El genero *Prochilodus* Agassiz, 1829 se encuentra ampliamente distribuido en ríos sudamericanos desde la cuenca del Plata (Buenos Aires Argentina) hasta el Río Magdalena (Colombia). Sus poblaciones son muy abundantes y constituyen un recurso pesquero significativo en toda el área de distribución. Una revisión taxonómica reciente (Castro & Vari, 2004), identifica 13 especies válidas con distribuciones geográficas mayormente disjuntas, pero con algunas áreas de solapamiento, notablemente en los ríos Sao Francisco (Brasil) y Amazonas, y en

ríos costeros del este de Brasil. La variación morfológica entre las especies es reducida y las grandes áreas de distribución de cada especie no han sido caracterizadas adecuadamente para evaluar el grado de variación intraespecífica y ecofenotípica, por lo que la taxonomía de este grupo ha sido notablemente problemática (Mago-Leccia, 1972). El estudio de Castro y Vari (2004) es una excelente actualización del problema sistemático en este grupo de peces pero deja sin resolver las relaciones filogenéticas entre las especies debido a la escasa variación en la morfología externa ya aludida. Con el advenimiento de métodos genético-moleculares, hemos iniciado estudios para generar evidencia genética que facilite el estudio filogenético entre estas especies y además permita establecer los patrones de variación intraespecífica. Los primeros resultados (Sivasundar *et al.*, 2001), basados exclusivamente en secuencias de ADN de dos fragmentos mitocondriales (correspondiendo al gen de la ATPasa y a la Region Control), estuvieron centrados en la variación intraespecífica de *Prochilodus lineatus* en la cuenca parano-platense (ríos Paraná, Uruguay, Paraguay y Río de La Plata). Los datos genéticos evidenciaron poca estructura poblacional y falta de diferenciación entre regiones de esta vasta cuenca fluvial, en consonancia con expectativas basadas en el comportamiento migratorio de estos peces y el gran tamaño de sus poblaciones. Aquel estudio (Sivasundar *et al.*, 2001) utilizó unos pocos ejemplares de *P. nigricans* (del Río Amazonas), de *P. mariae* (del Río Orinoco), y de *P. magdalenae* (del Río Magdalena) como grupos externos y como base para un estudio filogenético preliminar. Las secuencias de ADN mitocondrial demostraron gran utilidad para diferenciar especies y para resolver las relaciones filogenéticas (Fig. 1). Recientemente, Turner *et al.* (2004) utilizaron esta misma metodología para estudiar poblaciones de *Prochilodus* en ríos del norte se Sudamérica, especialmente en la cuencas del Orinoco y Essequibo, y su relación con las poblaciones del Río Negro en la cuenca del Amazonas. La evidencia genética demuestra que los haplotípos mitocondriales de *P. rubrotaeniatus* forman un grupo parafilético, con haplotípos de *P. mariae* estrechamente agrupados con un subgrupo de los haplotípos de *P. rubrotaeniatus*. Este trabajo también demuestra que el ADN mitocondrial de *P. mariae* parece estar sujeto a fuertes presiones de selección.

La presente contribución es una extensión de las investigaciones sobre la estructura poblacional y filogenética de especies de *Prochilodus* basadas en marcadores moleculares, con el fin de documentar el patrón de diferenciación entre especies e inferir los procesos fundamentales que afectan la dinámica evolutiva de estos peces en las grandes cuencas fluviales sudamericanas. Una reciente revisión de los principales fenómenos paleogeográficos que afectaron la evolución histórica de

las cuencas hidrográficas sudamericanas (Lundberg *et al.*, 1998) establece una base comparativa objetiva para interpretar la información genética y biológica. En particular, este trabajo presenta un análisis de un gran número de muestras de *P. nigricans* tomadas en diversas localidades de la cuenca amazónica, agrega también ejemplares de *P. rubrotaeniatus*, e incrementa la representación de *P. mariae* del Río Orinoco. Además, se incorpora por primera vez, el uso de secuencias de un intrón de un gen nuclear, ependimina (Ortí & Meyer, 1996), para complementar la perspectiva provista por los marcadores mitocondriales.

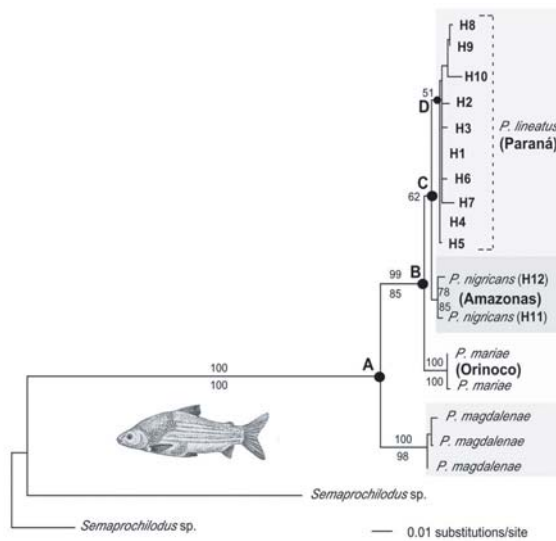


Figura 1. Filogenia molecular de 4 especies de *Prochilodus* basada en secuencias de ADN mitocondrial (ATPasa, 840 pb); tomada de Sivasundar *et al.* (2001).

Metodología

Muestras de tejido muscular fueron tomadas de peces obtenidos en las localidades indicadas en la figura 2 y preservadas en etanol 95% para el estudio genético. La extracción de ADN y subsiguiente amplificación de los fragmentos mitocondriales via PCR sigue los protocolos publicados por Sivasundar *et al.* (2001). El intrón 3 del gen nuclear que codifica la ependimina (una glucoproteína cerebral caracterizada en diversos vertebrados) fue amplificado por la misma vía con la utilización de iniciadores (primers) diseñados en base a secuencias exónicas de este gen obtenidas a partir de ARN mensajero (via RT-PCR). Para obtener secuencias completas de cada alelo presente en individuos heterocigotas, los productos de

PCR fueron clonados y varios clones aislados fueron secuenciados para confirmar la secuencia intrónica.

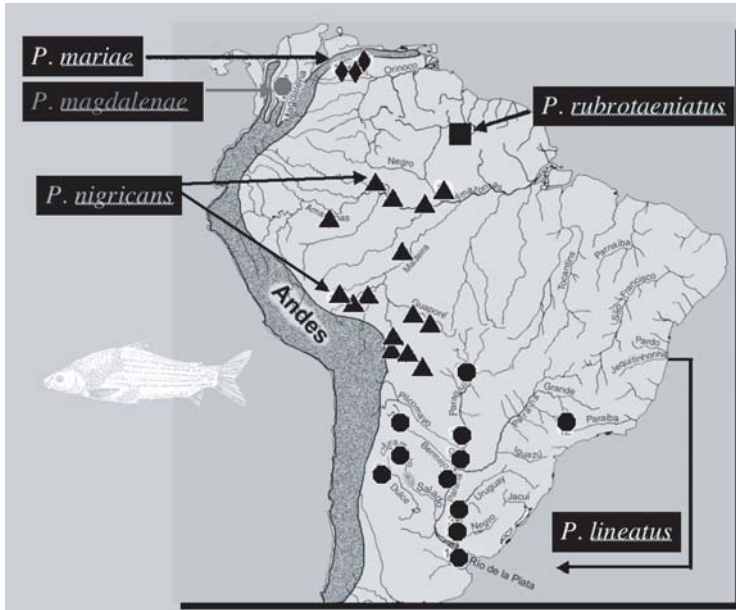


Figura 2. localidades de muestreo de ejemplares de *Prochilodus* utilizados en este estudio.

Secuencias de ADN mitocondrial y nuclear fueron alineadas y sometidas a diversos análisis filogenéticos y genético-poblacionales para estudiar la variación inter e intra-específica. Los árboles filogenéticos obtenidos se comparan con las localidades de origen de las muestras y las denominaciones taxonómicas para elaborar y contrastar hipótesis filogeográficas (Avice, 2000). La posibilidad de recombinación en las secuencias nucleares se evaluó a partir de la distribución de inserciones y deleciones («indeles») que causan variación en la longitud de los alelos caracterizados. Este método comparativo también se utilizó para generar hipótesis filogeográficas y contrastarlas con aquellas derivadas de los análisis filogenéticos.

Resultados y Discusión

Un total de mas de 100 individuos de 5 especies nominales (Fig. 2) fueron analizados para este estudio (el trabajo aun continúa a la fecha de preparación de este resumen). La variación genética a nivel de la Región Control en el ADN mitocondrial (207 sitios en 1150 pb) permitió diferenciar 87 haplotipos únicos entre los ejempla-

res estudiados, mientras que la variación entre las secuencias del gen nuclear (420 sitios en 1900 pb) identificaron 153 variantes alélicas.

Los análisis filogenéticos de haplotípos mitocondriales muestran el mismo patrón que se presenta en la figura 1, con excepción de la inclusión de haplotípos de *P. rubrotaeniatus* (del Río Rupununi, afluente del Essequibo en Guyana) en el clado de haplotípos amazónicos de *P. nigricans*. Todos los haplotípos de *P. nigricans*, provenientes de localidades ampliamente distribuidas en la cuenca amazónica (Fig. 1) forman un grupo monofilético bien definido, con excepción de dos haplotípos provenientes de individuos del alto Madera y el Río Mamoré (Bolivia). Estos se agrupan inequívocamente con los haplotípos de *P. lineatus* de la cuenca parano-platense, documentando por primera vez eventos de migración entre el alto Paraguay y la cuenca amazónica. La diversidad genética de haplotípos mitocondriales en la cuenca parano-platense es similar a la de los amazónicos, un resultado inesperado considerando las dimensiones geográficas de ambos sistemas hidrográficos. En consonancia con los resultados de Turner *et al.* (2004), la variación genética en poblaciones de *P. mariae* del Orinoco es sumamente reducida.

El análisis filogenético de alelos nucleares (intrón 3 de ependimina) muestra un patrón de relaciones más complejo. Esto es anticipado, en parte, debido al mayor tamaño poblacional efectivo (N_e) de este marcador genético en comparación con los marcadores mitocondriales. En particular, la genealogía de alelos nucleares no presenta grupos monofiléticos correspondientes a la taxonomía ni al origen geográfico (cuencas fluviales) de las muestras. Alelos con proveniencia amazónica y parano-platense aparecen entremezclados con los del Essequibo y un par de alelos de peces del Orinoco. Las mismas muestras del alto Madera y Mamoré que mostraban afinidades mitocondriales con peces del alto Paraguay también exhiben estrecha relación genealógica con respecto a sus alelos nucleares, reforzando la evidencia de migraciones e introgresión de genes de *P. lineatus* en poblaciones de *P. nigricans*. La distribución filogenética de alelos de estas dos especies sugiere que los eventos de hibridización han sido frecuentes en la historia evolutiva de estas especies. Del mismo modo que la variación genética a nivel mitocondrial es similar entre estas dos cuencas hidrográficas, el marcador nuclear indica niveles similares de variación nucleotídica, y una variación proporcional en la cuenca del Orinoco. Este patrón contrasta con la poca variación mitocondrial en peces del Orinoco, sustentando la hipótesis de Turner *et al.* (2004) del efecto de la selección natural sobre el genoma mitocondrial.

La variación alélica en el intrón de ependimina incluye 10 sitios de inserción/delección (indeles), que varían en longitud desde 3 pb hasta 410 pb. La caracterización de los

10 sitios con indeles (presencia o ausencia del segmento) entre los alelos estudiados determina 16 tipos de configuración, e implica al menos 5 eventos de recombinación en este segmento del genoma nuclear. Los alelos recombinantes se encuentran en baja frecuencia entre las muestras. En cambio, dos configuraciones de indeles aparecen con alta frecuencia entre los alelos caracterizados (en 55 y 67 alelos, respectivamente, de los 187 analizados) Estos son compartidos por todas las especies estudiadas y su distribución geográfica abarca todas las cuencas fluviales, sugiriendo una prolongada edad evolutiva. El análisis de la configuración de indeles agrega un panorama temporal mas extendido a la interpretación de la variación genética detectada. Esta distribución alélica sugiere que el flujo génico a nivel continental (entre las principales cuencas fluviales) ha sido elevado y frecuente en la historia evolutiva de estas especies. Esta hipótesis es consistente con la gran homogeneidad morfológica que caracteriza las especies de *Prochilodus* y que ha dificultado tanto la taxonomía de estos peces. El objetivo a largo plazo de estos estudios es caracterizar todas las especies nominales del género con estos marcadores genéticos para obtener un panorama a nivel continental de las relaciones genealógicas entre poblaciones que actualmente ocupan las distintas cuencas fluviales.

Referencias

- Avice, J. C. 2000. *Phylogeography: The History and Formation of Species*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Castro, R. M. C.; Vari, R. 2004. Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes): A phylogenetic and revisionary study. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 622, 189 p.
- Lundberg, J. G.; Marshall, L. J.; 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. R. S. (Eds.). *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. EDIPUCRS, Porto Alegre, RS. p. 13-47.
- Mago-Leccia, F. 1972. Consideraciones sobre la sistemática de la familia Prochilodontidae (Osteichthyes, Cypriniformes) con una sinopsis de las especies de Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica*, 8: 35-96.
- Ortí, G.; Meyer, A. 1996. Molecular evolution of ependymin and the phylogenetic resolution of early divergences among teleost fishes. *Molecular Biology and Evolution*, 13: 556-573.

- Sivasundar, A.; Bermingham, E.; Ortí, G. 2001. Population structure and biogeography of migratory freshwater fishes (*Prochilodus*: Characiformes) in major South American rivers. *Molecular Ecology*, 10: 407-418.
- Turner, T. F.; Mcphee, M. V.; Campbell, P.; Winemiller, K. O. 2004. Phylogeography and intraspecific genetic variation of prochilodontid fishes endemic to rivers of northern South America. *Journal of Fish Biology*, 64: 186–201.

Genética populacional da dourada – *Brachyplatystoma rousseauxii* (Pimelodidae – Siluriformes) na Amazônia Brasileira e Peruana

Jacqueline da Silva Batista¹, Carmen Rosa García Dávila², Tatiana Marão-Siqueira¹, Diana Castro Ruiz², Werner Chota Macuyama², Kyara Formiga-Aquino¹, José Antônio Alves-Gomes¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Laboratório Temático de Biologia Molecular (LTBM/COPE), Av. André Araújo, 2239-Petrópolis. CEP 69060-001, Manaus-AM, Brasil
e-mail: jac@inpa.gov.br, marao@inpa.gov.br, formiga@inpa.gov.br, puraque@inpa.gov.br

²Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología, Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5, Iquitos, Perú
e-mail: cdavila@iiap.org.pe, dcastro@iiap.org.pe, wchota@iiap.org.pe

Palavras Chaves: Dourada, Amazonia, DNAMt, Região controle

Resumo

Foi sequenciada a região controle (DNAMt) de 105 exemplares de dourada, oriundos de sete localidades da Amazônia Continental: Belém, Manaus, Tabatinga, Rio Içá (Brasil) e Iquitos, Rio Ucayali e Rio Madre de Dios (Perú), a fim de estimar a variabilidade genética desta espécie de alto valor comercial. Os resultados mostram maior variabilidade em Belém e menor em Tabatinga. Políticas de manejo precisam ser elaboradas e executadas em conjunto com os países congregantes da área de migração da dourada.

Introdução

Os peixes lisos perfazem cerca de 95% da pescaria existente hoje na Amazônia brasileira, colombiana, peruana, boliviana e venezuelana sendo feita em cima de cinco espécies da Família Pimelodidae, e cerca de 80% deste total é obtido somente

pela captura de 03 grandes bagres entre os quais a Dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*) (Fig. 1).



Figura 1: Dourada – *Brachyplatystoma rousseauxii*.

A dourada é capturada pela frota comercial e artesanal desde a ilha de Marajó, (estuário amazônico, Brasil), até Pucallpa, (Peru) a aproximadamente 5 500 Km. a Oeste, próximo aos Andes peruanos.

Com base em dados biológicos e de pesca experimental (Barthem & Goulding, 1997) foi sugerida uma hipótese de ciclo de vida em que essa espécie realiza grandes migrações, tendo áreas distintas de criação, alimentação e reprodução.

Estudos genéticos (Batista, 2001) indicam que a variabilidade genética da dourada decresce no sentido estuário amazônico, (área de criação - Belém) alto Solimões (Próximo a área de reprodução - Tabatinga), corroborando a hipótese migratória nessa extensão geográfica.

Dada à área de abrangência de migração, à importância comercial e o esforço de pesca exercido sob este recurso há vários anos, torna-se necessário obter informações concretas a fim de balizar políticas de manejo e conservação, envolvendo todos os países que congregam tal área geográfica, a fim de assegurar a sustentabilidade desse recurso, pois dados pesqueiros informam que o mesmo já está em risco de sobrepesca (JICA/MPEG/IBAMA, 1998).

Neste cenário evidencia-se a necessidade de estudos no nível genético, no intuito de estimar a variabilidade genética da dourada visando à identificação e caracterização de seu estoque (s) pesqueiro (s) em toda a sua área de migração. Essas informações precisam também ser aliadas aos dados sócio-biológicos morfométricos, merísticos, sócio-econômicos e etc.

O presente estudo objetivou-se caracterizar geneticamente e estimar a variabilidade genética da dourada da Amazônia continental, um dos principais recursos pesqueiros em toda esta região. Estas informações são cruciais ao melhor entendimento do ciclo de vida, dinâmica de migração e caracterização de estoque (s) pesqueiro (s) da dourada na bacia Amazônica.

Metodologia

O tecido muscular de 105 exemplares de dourada foi coletado junto a desembarques pesqueiros em 7 localidades na Amazônia continental, sendo 15 indivíduos em cada Cidade: Belém (Calha/Baixo Solimões), Manaus (calha/médio Solimões), Tabatinga e Iquitos (calha/alto Solimões), Ipiranga (próximo a cabeceira do Rio Içá), Pucallpa (cabeceira do Rio Ucayali) e Porto Maldonado (cabeceira do Rio Madre de Dios).

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://www.technelysium.com.au/chromas.html>). As análises de variabilidade genética populacional, índices de diversidade molecular e fluxo gênico tais como: diversidade nucleotídica (Pi), número de haplotípos (H), diversidade haplotípica (HD), número total de mutações (ETA), número de sítios polimórficos (S) número de seqüências únicas (NS); distância genética média; índice de fluxo gênico (Nm) entre as localidades e AMOVA (análise de Variância Molecular) com o auxílio dos programas PAUP* 4.0 (Swofford, 2000), DNAsp 4.01 (Rozas & Rozas, 1999) e Arlequin 2.01 (Schneider *et al.*, 2000). Foi calculado também o índice de Confiança (IC) de 95% para os parâmetros de K, HD e Pi.

Resultados e discussão

A tabela 1 sumariza os valores obtidos para os índices de diversidade molecular; a Figura 2 uma representação gráfica comparativa entre as localidades amostradas considerando alguns índices de polimorfismo de DNA (H, S, ETAe K) e a tabela 2 os valores de p oriundos da AMOVA (diagonal inferior) e o número de migrantes (Nm) baseados nos valores de F_{st} (diagonal superior) entre as localidades amostradas.

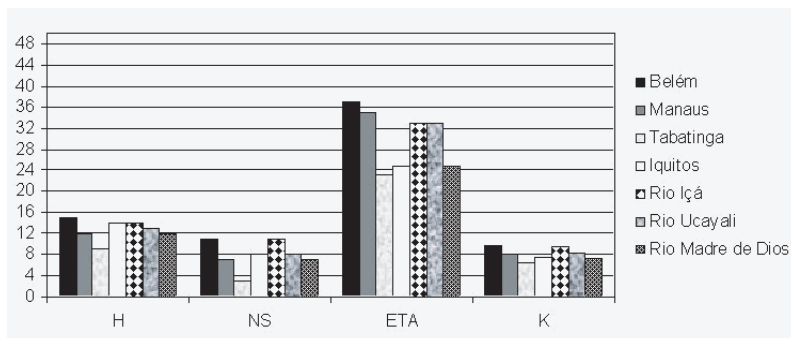


Figura 2. Histograma comparativo entre as localidades amostradas (Belém, Manaus, Tabatinga, Rio Içá, Iquitos, Rio Ucayali e Rio Madre de Dios) considerando os parâmetros de número de haplotípos (H), número de seqüências únicas (NS), número total de mutações (ETA) média das diferenças nuclotídicas par a par (K) para a dourada.

A interpretação compilada dos resultados fornece uma estimativa da variabilidade genética da dourada na Amazônia continental e as principais considerações são:

- 1) A maior variabilidade genética da dourada foi encontrada em Belém e a menor em Tabatinga. Este padrão deve ocorrer por Belém congregar os indivíduos oriundos das cabeceiras e Tabatinga por receber uma parcela da população migrante, já que uma parte da mesma já adentra aos tributários do Solimões/Amazonas durante o ciclo de vida. Porém este decréscimo precisa ser melhor avaliado já que o mesmo não se mantém em Iquitos;
- 2) 11 Haplotípos foram compartilhados entre algumas localidades. Os resultados da AMOVA mostram estrutura genética populacional entre os indivíduos de algumas localidades (ver em negritos nos valores na tabela 2) ($F_{st} = 0,034$ $p > 0,01$), mostrando tendências a definir mais de um estoque, porém é necessário confirmar com um tamanho amostral maior;
- 3) A variabilidade genética encontrada nas cabeceiras dos rios amostrados (especialmente os valores de NS, tabela 1) pode demonstrar que estes locais

Tabela 1. Índices de diversidade molecular estimados a partir da sequência nucleotídica da região controle (DNAm_t) dos 105 indivíduos de dourada provenientes das localidades Belém, Manaus, Tabatinga, Iquitos, Rio Içá, Rio Ucayali, Rio Madre de Dios. Os resultados em negrito indicam as diferenças significativas.

Localidades	H	NS	ETA	S	K	pi	HD
Belém	15	11	37	36	9,7714 ± 4,742 (12,172-7,372)	0,0107 ± 0,0058 (0,014-0,008)	1,000 ± 0,024 (1,012-0,988)
Manaus	12	7	35	33	8,048 ± 3,961 (10,053-6,043)	0,0088 ± 0,0049 (0,011-0,006)	0,962 ± 0,040 (0,982-0,942)
Tabatinga	9	3	23	22	6,543 ± 3,277 (8,201-4,885)	0,0072 ± 0,0040 (0,009-0,005)	0,886 ± 0,069 (0,921-0,851)
Iquitos	14	8	25	24	7,476 ± 3,701 (9,349-5,603)	0,0082 ± 0,0050 (0,011-0,006)	0,991 ± 0,028 (1,005-0,977)
Rio Içá	14	11	33	33	9,448 ± 4,596 (11,773-7,122)	0,0104 ± 0,0057 (0,013-0,008)	0,991 ± 0,028 (1,005-0,977)
Rio Ucayali	13	8	33	31	8,295 ± 4,073 (10,356-6,234)	0,0091 ± 0,0050 (0,012-0,007)	0,981 ± 0,031 (0,997-0,965)
Rio Madre de Dios	12	7	25	24	7,191 ± 3,572 (8,999-5,383)	0,0079 ± 0,0044 (0,010-0,006)	0,962 ± 0,040 (0,982-0,942)
Todos	66	55	82	80	8,381 ± 3,911 (9,129-7,633)	0,0092 ± 0,004 (0,010-0,008)	0,976 ± 0,006 (0,977-0,975)

Tabela 2. Valores de *p* para as comparações realizadas na AMOVA (diagonal inferior) e número de migrantes (Nm) (diagonal superior) entre as localidades amostradas. (Inf) indica um alto valor de Nm. Os valores em negrito são significativos pela correção de Bonferroni.

**Belém Manaus Tabatinga Iquitos Rio Içá Rio Ucayali
Río Madre de Dios**

	Belém	Manaus	Tabatinga	Iquitos	Rio Içá	Rio Ucayali	Río Madre de Dios
Belém	*	3,7	3,5	inf	15,7	6,6	14
Manaus	0,0010	*	inf	4,8	15	59,6	8,7
Tabatinga	0,0069	0,6466	*	3,9	inf	inf	48,2
Iquitos	0,7253	0,0063	0,0083	*	11,5	7,5	23,6
Rio Içá	0,1593	0,1461	0,4853	0,1088	*	202,5	inf
Rio Ucayali	0,0245	0,3104	0,6684	0,0403	0,3478	*	inf
Rio Madre de Dios	0,1217	0,0615	0,3160	0,2241	0,5018	0,6979	*

possam deter uma relevante parcela do (s) estoque (s) pesqueiro (s) total da espécie, provavelmente por se tratar de áreas de reprodução, devendo ser tratadas com atenção em estratégias de manejo;

4) Políticas de manejo e conservação precisam ser elaboradas e executadas em conjunto com os países que congregam a área de migração da dourada a fim de garantir o uso sustentável desse recurso às populações futuras.

Agradecimentos

A todo o grupo PIRADA – LTBM/COPE/INPA, à Dra. Izeni Farias, ao Dr. Tomas Hrbek e ao apoio financiamento do IIAP, INPA (PPI 1-3550), IFS e FAPEAM.

Referências

- Batista, J. S. 2001. Estimativa da variabilidade intraespecífica da dourada (*Brachyplatystoma flavicans*) (Castelnau,1855) no eixo estuário, Amazonas-Solimões. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, BTRN/INPA/UA, Manaus, Amazonas. 116p.
- Barthem, R. B.; Goulding, M. 1997. Os bagres balizadores: Ecologia, Migração e Conservação de peixes amazônicos. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá, CNPq.
- Doyle, J. J.; Doyle, J. L. 1990. Isolation of plants DNA from fresh tissue. *Focus*, 12:13-15p.
- Hall, T. A. 1999. *Bioedit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT*. Version 6.0.7
- JICA/MPEG/IBAMA. 1998. Relatório Técnico: The fishery resources study of the Amazon and Tocantins river mouth areas in the Federative Republic of Brazil.
- Rozas, J.; Rozas, R. 1999. DnaSP version 4: an integrated program for molecular population genetics and molecular evolution analysis. *Bioinformatics*, 15: 174-175.
- 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>.
- Swofford, D. L. 2001. PAUP: Phylogenetic Analysis using parsimony, version 4.0. Illinois Natural History Survey, Champaign.

Filogeografía de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus* en la Alta Amazonía (Perú y Bolivia)

Carmen Rosa García Dávila¹, Juan Pablo Torrico^{2,3}, Eric Desmarais³,
Fabrice Duponchelle^{4,5}, Jesús Nuñez^{2,5}, Jean-François Renno^{2,5}

¹ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología (LBMB), Avenida Abelardo Quiñones, Km. 2.5, Iquitos - Perú

e-mail: cdavila@iiap.org.pe, cdavila19@yahoo.com

² Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM y B, La Paz, Bolivia

e-mail: jptb@hotmail.com, jptb_bioevol@lycos.es

³ GPIA (UMR 5171), CNRS-IFREMER-UM2, Station Marine de l'Environnement Littoral, 1 Quai de la Daurade, 34200 Sète, France

e-mail: desmarais@univ-montp2.fr

⁴ Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia

⁵ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET, BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France

e-mail: renno@univ-montp2.fr

nunez@ird.fr

duponchelle@ird.fr

Palabras claves: Filogeografía, ADN mitocondrial, peces amazónicos, genética de poblaciones

Resumen

En este trabajo son mostrados los análisis filogeográficos de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus*, de la Amazonía Boliviana y Peruana, establecidas en base a secuencias de la región control del genoma mitocondrial (D-Loop). Las reducidas divergencias nucleotídica encontradas entre los haplotípos indican una velocidad de divergencia baja o un tiempo de divergencia corto entre los mtDNA (D-Loop) de estas especies. Para ambas especies los análisis de máxima parsimonia mostraron una estructuración en varios linajes haplotípicos que no tienen concordancia con la distribución geográfica relacionada con una dispersión

compleja de estas especies en varias etapas y varios caminos de colonización de un mismo lugar.

Introducción

Colossoma macropomum y *Piaractus brachipomus* son especies de la familia de los serrasalmideos que habitan cuerpos de agua de la Amazonía y de la Orinoquía. Estas dos especies comparten hábitat y nicho ecológico, tienen similitud de forma diferenciándose entre ellas por su patrón de coloración (*P. brachipomus* tiene color gris oscuro en el dorso y blanquecino en los costados, con la parte inferior de la cabeza, región de la garganta y parte anterior del vientre de color anaranjado). Son considerados peces semi migradores, ya que los adultos realizan migraciones laterales (desde la planicie de inundación hacia el canal principal) y longitudinales a lo largo del canal principal, además de estas dos migraciones realizan una corta hacia las áreas de mezcla de aguas en la confluencia de los ríos para reproducirse (Manual Sandoval, com. Pers.). Estas dos especies tienen gran importancia económica en la Amazonía continental, alcanzando elevados precios en los mercados de las principales ciudades amazónicas, particularmente en el periodo de aguas altas. Por esta razón sus poblaciones naturales sufren intensas presiones de pesca, las cuales se intensifican en las áreas cercanas a las grandes ciudades amazónicas. Datos de desembarque pesquero a lo largo del tiempo indican una reducción de las poblaciones naturales de estas dos especies, resultante del aumento poblacional y de la optimización de los procesos de pesca comercial en la Amazonía (Mérona & Bittencourt, 1988; Muñoz & Vargas, 2002).

A pesar de la gran importancia económica de estas dos especies en la Amazonía peruana y boliviana poco se conoce sobre la biología, ecología y genética de sus poblaciones naturales. Este trabajo muestra los resultados preliminares del estudio de genética de poblaciones de estas especies y tiene como objetivo contribuir al conocimiento del estado de conservación genética de sus poblaciones naturales, visando generar información que sirva de base para planes de manejo y conservación.

Metodología

Fueron utilizados muestras de tejido muscular de peces (conservados en alcohol 96%) provenientes de la Alta Amazonía: Ríos Ichilo (MMI) y Sécuré (MMS) en la cuenca del Río Mamoré, sitios Beni-Salinas (BNS) y Beni-Esperanza (BNE) en la

cuenca del río Beni, Río Yata (YAT), Río Guaporé (GUA), Río Amazonas, región de Iquitos (IQU) y Río Ucayali, región de Pucallpa (PUC).

Los cebadores empleados en la amplificación y las secuenciación de la región de control del genoma mitocondrial fueron proporcionados por J.F.Agnèse (DL20F: 5'ttagcaaggcgtcttgggct3', DL20R: 5'accctagctcccaaagcta3'). Se trabajó bajo condiciones estándar de PCR. Las secuencias fueron realizadas por una empresa de servicio comercial.

Las secuencias del ADN mitocondrial fueron alineadas y editadas con el auxilio del programa Bioedit 6.0.7 (Hall, 1999) y Chromas. Para la determinación de la divergencia genética entre las poblaciones y la generación de los árboles consenso de máxima parcimonia fue utilizado el programa MEGA 3 (Kumar *et al.*, 2004). Los análisis de variabilidad genética entre poblaciones y polimorfismo del DNA fueron realizadas con el auxilio del programa DNAsp 4.01 (Rozas & Rozas, 1999). En los análisis de distancia genética y polimorfismo de DNA para *P. brachypomus* fueron utilizadas solamente 4 poblaciones (PUC, GUA, MMS y BNS) por presentar mayor número de individuos. Para los análisis filogeográficos fueron utilizados como grupos externos *Mylossoma duriventris*, *Mylossoma paraguayensis* y *Piaractus mesopotanicus*.

Resultados y discusión

Polimorfismo del ADN en la secuencia de D-loop

Cuando alineados entre sí, la región control los 43 especímenes de *Colossoma macropomum* totalizo 1031 pares de bases, con 975 sitios constantes, 56 sitios variables e de estos 28 fueron filogenéticamente informativos para parcimonia. La región control de *Piaractus brachypomus* cuando alineada totalizo 1016 pares de bases, con 965 sitios constantes, 48 sitios variables y 22 sitios informativos para parcimonia.

Estas dos especies presentan una elevada variabilidad genética (Tabla 1), observándose en el reducido número de muestras un elevado número de haplotipos. Sin embargo no se puede evaluar la presión antrópica porque no se conoce el grado de variabilidad inicial.

Tabla 1. Principales análisis de polimorfismo de DNA de las poblaciones de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus* estudiadas.

Localidades	Numero muestras	Nº Mutaciones	Nº Haplotípos	Media diversidad haplotípica	Media diversidad nucleotídica
<i>Colossoma macropomum</i>					
Pucallpa	5	30	5	1.000±0.126	0.014±0.002
Iquitos	4	9	2	0.500±0.265	0.004±0.009
Manuripi	4	22	4	1.000±0.177	0.011±0.003
Sécure	5	21	4	0.900±0.161	0.009±0.002
Beni-Salinas	5	7	3	0.800±0.164	0.003±0.001
Ichilo	5	23	3	0.800±0.164	0.009±0.005
Beni-Esperanza	5	21	4	0.900±0.161	0.009±0.003
Yata	5	10	4	0.900±0.161	0.005±0.001
Guaporé	5	16	3	0.800±0.164	0.009±0.002
<i>Piaractus brachypomus</i>					
Pucallpa	4	12	4	1.000±0.177	0.006±0.001
Sécure	9	22	7	0.917±0.092	0.008±0.000
Guaporé	5	13	5	1.000±0.126	0.006±0.001
Beni-Salinas	7	21	7	0.006±0.076	0.008±0.000

Las divergencias genéticas dentro y entre las poblaciones geográficas obtenidas según el modelo Kimura 2-Parámetros para la región control del genoma mitocondrial de *C. macropomum* fueron muy bajas. En algunos casos inclusive con divergencias interpoblacionales menores que sus respectivas divergencias intrapoblacionales (Manuripi/Beni Esperanza). Las divergencias genéticas entre las poblaciones peruanas y bolivianas mostraron patrones similares, evidenciando un fuerte relacionamiento evolutivo entre las poblaciones independiente de la distancia geográfica (Tabla 2).

Las 4 poblaciones estudiadas de *P. brachypomus* (PUC, MMS, GUA Y BNS) también presentaron valores muy bajos de divergencias genéticas entre ellas independiente de la distancia geográfica, los valores presentaron un rango de 0.007 a 0.010 y divergencias genéticas dentro de las poblaciones de 0.006 a 0.0013.

Filogeografía de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus*

El análisis de máxima Parcimonia fue realizado con la intención de estimar la topología mas probable de las relaciones filogeográficas de estos grupos. El árbol

de máxima parcimonia fue obtenida con una matriz de pesos iguales para las transiciones y las tranversiones TS1TV1(Fig. 1).

Para *C. macropomum* (Fig. 1A) fueron evaluados 625 árboles, siendo obtenida un árbol consenso (mas parcimonioso) con 301 pasos, índice de consistencia (CI) de 0,852 e índice de retención (RI) de 0,917. En la topología general del

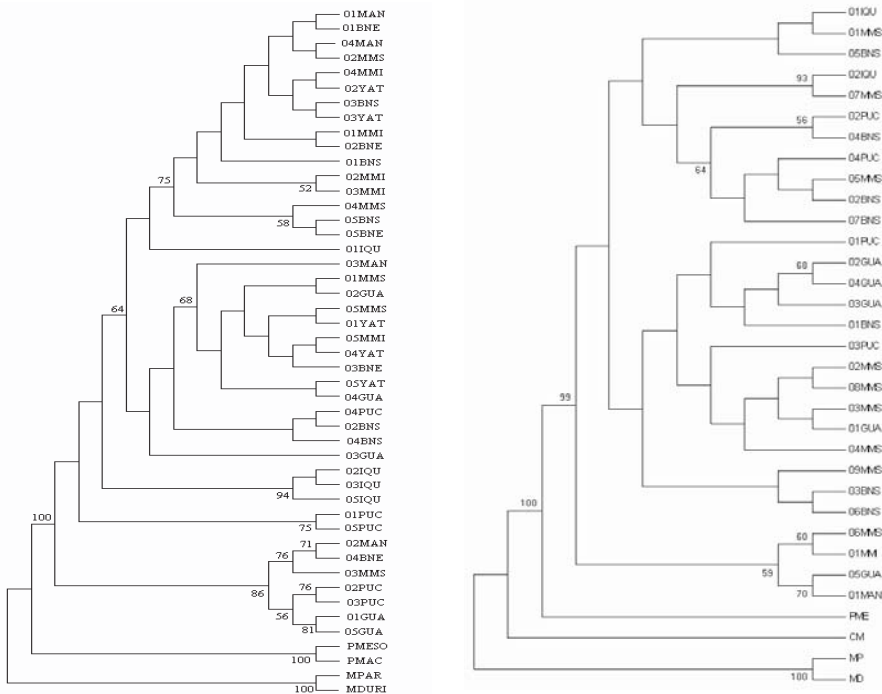


Figura 1. Árboles consenso de máxima parcimonia (MP) considerando matriz de peso TS1TV1 para las poblaciones de *Colossoma macropomum* (A) y *Piaractus brachyomus* (B) de la Amazonía Peruana y Boliviana. Los números encima de los brazos son valores de *bootstrap* para 100 repeticiones. Solamente los *bootstrap* > 50 están conservados. Los taxa PME, MP y MD son utilizados como grupos externos.

árbol los haplotípos quedaron estructurados en 5 lineajes (*bootstrap* >50) sin concordancia geográfica.

En *P. brachyomus* (Fig. 1B) fueron evaluados 206 árboles, siendo obtenida un árbol mas parcimonioso con 303 pasos, índice de consistencia (CI) de 0,851 e índice de retención (RI) de 0,836. En la topología general del árbol los

Tabla 2. Media de la divergencia genética Inter. e intrapoblacional de *Colossoma macropomum* obtenido según el modelo Kimura 2 – Parámetros.

	PUC	MMS	GUA	BNS	MAN	IQU	YAT	MMI	BNE
PUC	0.015								
MMS	0.014	0.010							
GUA	0.012	0.009	0.009						
BNS	0.015	0.007	0.009	0.005					
MAN	0.014	0.009	0.010	0.007	0.012				
IQU	0.013	0.010	0.010	0.009	0.010	0.004			
YAT	0.014	0.007	0.008	0.005	0.008	0.009	0.006		
MMI	0.018	0.010	0.010	0.010	0.010	0.012	0.008	0.009	
BNE	0.014	0.008	0.010	0.006	0.008	0.010	0.007	0.009	0.009

haplotipos quedaron estructurados en 3 linajes (bootstrap >50) sin concordancia geográfica.

Las pequeñas divergencias encontradas en estas dos especies puede estar relacionada con una evolución lenta de sus DNA o un tiempo de divergencia corto después eventos de «*bottleneck*» La existencia de estructuración de los haplotipos en varios linajes puede estar relacionada con una retención de polimorfismo ancestral y/o a una dispersión compleja de estas especies en varias etapas y varias caminos de colonización de un mismo lugar y/o una translocación.

Referencias

- Hall, T. A. 1999. *Bioedit*: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT. Version 6.0.7.
- Kumar, S.; Tamura, K.; Nei, M. 2004. MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics*, 5:150-163.
- Merona, B.; Bittencourt, M.M. 1988. A pesca na Amazônia a través dos desembarques no mercado de Manaus: resultados preliminares. Memoria, Sociedade de Ciências Naturales la Salle, tomo XLVIII, suplemento, 433-453.
- Muñoz, B. D.; Vargas, D. G. 2002. Zonas de Pesca y composición de capturas en el bajo Ucayali. Tesis para obtener el título de Biólogo, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú, 75 p.
- Rozas, J.; Rozas, R. 1999. DnaSP version 4: an integrated program for molecular population genetics and molecular evolution analysis. *Bioinformatics*, 15: 174-175.

Variabilidad genética y estructuración poblacional de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus* en el Alto Madera (Bolivia)

Jean-François Renno^{1,2}, Claudia Aliaga², Rémi Dugué^{1,3}, Jesús Nuñez^{1,2},
Fabrice Duponchelle^{1,4}

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail: renno@univ-montp2.fr, nunez@ird.fr,
duponchelle@ird.fr, dugue@ird.fr

², Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM y B La Paz, Bolivia

³ Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), CIPPE,
Santa Cruz, Bolivia

⁴ Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia

Palabras Claves: *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus*, genética, EPIC-PCR

Resumen

El análisis de ocho intrones (EPIC-PCR) en *C. macropomum* y seis en *P. brachypomus* de muestras del Alto Madera, muestra que ambas especies están totalmente diferenciadas sin introgresión entre ellas, con un promedio heterocigocidad observada de 0.29 y 0.20, respectivamente. *C. macropomum* presenta una fuerte estructuración genética entre poblaciones diferenciadas en 3 grupos geográficos: Río Mamoré-Isiboro; Ríos Iténez-San Joaquín + Yata + Beni-Cachuela Esperanza y Río Beni-Puerto Salinas + Manuripi. La relación entre distancias geográficas y distancia genéticas revela que la dispersión de *C. macropomum* se realiza preferencialmente por el eje principal de los ríos, y no por la zona de inundación. La diferenciación genética de *C. macropomum* está en relación con el aislamiento por la distancia. Por otro lado, *P. brachypomus* presenta diferencias significativas ($F_{ST} = 0.11$, $p < 0.05$) solamente entre las poblaciones del Mamoré-Isiboro y Beni-Cachuela Esperanza, pero pocas muestras están disponibles para asegurar las otras comparaciones. La estructuración del polimorfismo del DNA nuclear de *C. macropomum* contrasta con los resultados de la filogeografía (D-Loop) que muestran una estructuración haplotípica en varios linajes sin concordancia con la distribución geográfica (presentado en esta publicación García *et al.*). La colonización

de un mismo río del alto Madera se ha hecho en varias etapas y por varios caminos anteriormente al desarrollo de una estructuración genética en varias poblaciones en relación con la geografía. Además la estructuración genética de *C. macropomum* en varias poblaciones está relacionada con variaciones de sus rasgos de vida (presentado en esta publicación, Nuñez *et al.*). Estos resultados pueden servir de guía para la elección de las cepas de piscicultura y para desarrollar una política de bioconservación de *C. macropomum* y *P. brachypomus*.

Introducción

La cuenca Amazónica en territorio boliviano ocupa, 724 000 km² correspondiente a la mayor parte de la cuenca del Alto Madera incluyendo los Ríos Madre de Dios, Beni, Mamoré que toman sus fuentes en los Andes y el Río Iténez originario del escudo brasilero. La diferencia del origen geográfico de los ríos explica sus variaciones fisicoquímicas: agua blanca característica de los ríos de origen andino (Madre de Dios, Beni, Mamoré), agua clara característica de los ríos sin carga sedimentaria (Iténez) y agua negra cargada de ácidos húmicos (ríos de la planicie de inundación, ej. Ríos Manuripi y Yata) (Sioli 1984). Existen diferencias ictiológicas importantes entre los principales afluentes que constituyen el Río Madera (Lauzane *et al.*, 1991) probablemente en relación con su historia, su ecología y con la vasta planicie de inundación de la cuenca del alto Madera (Amazonía Boliviana), juegan un rol muy importante en la evolución de las especies dando lugar a una gran diversidad biológica (Loubens *et al.*, 1992).

La diversidad específica de los peces en el alto Madera constituye un considerable potencial para la acuicultura de la región, contribuyendo en gran medida a la economía local, puesto que algunas especies son de alto valor comercial en el mercado de Bolivia, dentro de éstas el pacú (*Colossoma macropomum*) y el tambaquí (*Piaractus brachypomus*). Ambas especies que filogenéticamente constituyen un mismo clado con *Mylossoma* (Ortí *et al.*, 1997) se encuentran distribuidas en todo los ríos del Alto Madera. El presente estudio preliminar tiene el objetivo de evaluar la estructuración genética de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus* en relación con la distribución geográfica de las poblaciones entre ríos de características ecológicas diferentes. El desarrollo de la medida de los flujos genéticos a través del análisis del polimorfismo de longitud de varios locus intrónicos (técnica de EPIC-PCR) enfoca los límites de las poblaciones distribuidas en los ríos Manuripi, Mamoré, Iténez, Beni y Yata.

Metodología

Un total de 125 individuos fueron colectados en las 4 cuencas principales del alto Madera: Madre de Dios (Río Manuripi), Beni (cachuelas Esperanza y puerto Salinas), Mamoré (Río Isiboro) y Iténez (Río San Joaquín) (Fig. 2). Las muestras de músculo fueron conservados en etanol 90% para el tratamiento al laboratorio.

Análisis por EPIC-PCR

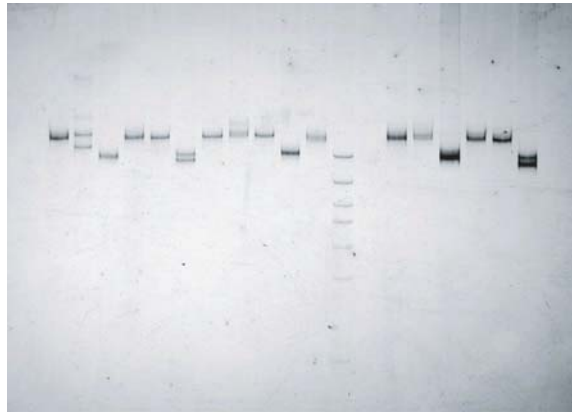


Figura 1. Electroforesis del intron Rpex mostrando las variaciones alélicas inter-específicas entre *C. macropomum* (parte inferior del gel) y *P. brachypomus* (parte superior del gel) totalmente separadas y las variaciones intra-específicas con tres alelos distribuidos entre heterocigotas y homocigotas en cada especie.

La técnica de «exon-primed intron-crossing» EPIC-PCR fue utilizada varias veces para estudiar el polimorfismo intra-específico de varios grupos de organismos acuáticos incluyendo los peces del género *Siganus* (Hassan *et al.*, 2003a,b ; Hassan & Bonhomme, 2005).

Las variaciones de tamaño de los intrones (80 a 10 000 nucleótidos), se deben a las deleciones o inserciones que se acumulan mas rápidamente que en los exones. El polimorfismo en el tamaño de los intrones es un eficiente descriptor de la estructura poblacional de las especies debido a: fácil acceso a variaciones alélicas, los alelos nulos son menos frecuentes que para otros marcadores moleculares, se puede amplificar varios locus intrónicos al mismo tiempo, los mismos cebadores pueden ser utilizados sobre varias especies filogenéticamente muy distintas. La acumulación rápida de mutaciones y la alta variabilidad genética constituyen a los EPIC en descriptores apropiados para la identificación de las especies (en esta

publicación, Hubert *et al.*) y para los estudios de micro-evolución al nivel intra-específico (Fig. 1).

Extracción de ADN

Tabla 1. Cebadores para la amplificación de los intrones de *C. macropomum* y *P. brachypomus*

Gen	Origen
Creatin Kinasa	Chow & Takeyama, 1998
Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase	Hassan <i>et al.</i> , 2003a
Major Histocompatibility complex class II antigen	Hassan <i>et al.</i> , 2003a
Aldolase B	Hassan <i>et al.</i> , 2003a
Ribosomal protein	Chow & Takeyama, 1998
Calmex	Chow, 1998
Growth Hormone*	Hassan <i>et al.</i> , 2003a
Aldolase C*	Hassan <i>et al.</i> , 2003a

* solo se utilizaron para *C. macropomum*

La extracción del ADN se realizó con el Kit comercial DNAeasy de Quiagen. La solución de amplificación por PCR tuvo un volumen final de 25 μ l, conteniendo 5 unidades de taq polimerasa (Promega) + buffer 10x, 2mM de dNTPs, 25 mM $MgCl_2$, 5 μ l de extracto de ADN y 1 μ l (20 pmol/ μ l) de cada primer (Tabla 1). La amplificación fue desarrollada con las condiciones siguientes: denaturación a 92°C durante 2 minutos; 30 ciclos (95°C 1 minuto; hibridación, 1 minuto a 54°C para Aldolasa B4 y MHC, o 58°C para Aldolasa C, o 60°C para CK, Rpex y Gpd, Gh; elongación 72°C 1 minuto); elongación final 72°C 5 minutos.

Análisis de datos

Las frecuencias alélicas de cada locus han permitido determinar: el numero de locus polimórficos, el promedio de alelos por locus, el nivel de heterocigidad mono y multilocus, para cada población la desviación a la panmixia por calculo del F_{is} y test sobre permutaciones y entre poblaciones, la diferenciación genética con la utilización del estimador del F_{st} (Weir & Cockerham, 1984) y test sobre

permutaciones. El tratamiento de datos fue desarrollado con el programa GENETIX (Belkhir *et al.*, 1998).

Resultados y Discusión

Híbridos artificiales entre *C. macropomum* y *P. brachypomus* están siendo producidos para la piscicultura. No obstante, considerando el número de locus diagnósticos se observa que no existe ninguna introgresión natural entre *C. macropomum* y *Piaractus brachypomus* en la región del Alto Madera. Al comparar los niveles de diversidad genética en ambas especies *C. macropomum* y *P. brachypomus*, se observa niveles de heterocigocidad de 0.29 y 0.20, respectivamente, similares a los encontrados en las especies de pirañas (presentado en esta publicación, Hubert *et al.*).

Durante 6 meses del año, el Mamoré y sus afluentes inundan casi totalmente la planicie central, provocando conexiones con los Ríos Beni, Madre de Dios e Iténez (Lauzanne *et al* 1991). Sin embargo esta zona de inundación no homogeniza los flujos genéticos de *C. macropomum*, sus poblaciones muestran una fuerte estructuración geográfica observada con el estimador F_{st} ($p < 0.01$) entre las poblaciones de tres zonas geográficas: 1) Isiboro 2) San Joaquín, Yata, Beni-Cachuela Esperanza y 3) Beni-puerto Salinas, Manuripi (Fig. 2). El aislamiento genético por distancia relacionado con el eje principal de los ríos ($r^2 = 0.53$ $p < 0.05$ $gdl = 13$), confirma que la dispersión de *C. macropomum* es preferencialmente por el río y no por la zona de inundación. *P. brachypomus* presenta diferencias significativas ($F_{st} = 0.11$, $p < 0.05$) solamente entre las poblaciones del Mamoré-Isiboro y Beni-Cachuela Esperanza, pero pocas muestras están disponibles para asegurar las otras comparaciones.

En el caso de *C. macropomum* en las poblaciones de Beni-Cachuela Esperanza, Beni-Puerto Salinas y Mamoré-Isiboro se observa una desviación a la panmixia relacionada con locus en equilibrio en otras poblaciones. La desviación esta debido al déficit en heterocigotos ($F_{is} > 0$), por la presencia de varias sub-poblaciones presentes en un mismo lugar (Efecto Wahlund) o debido a un exceso de heterocigotos ($F_{is} < 0$) que puede estar relacionado con individuos producidos de padres homocigotos diferentes al mismo locus, en este caso los individuos capturados serian de una misma familia. Las muestras del Beni-Puerto Salinas y del Manuripi no se diferencian genéticamente y podrían estar constituidas por una misma población extendida hasta la confluencia entre los dos ríos, hasta las cachuela esperanza.

A la diferencia de *C. macropomum* para *P. brachypomus* no se observa ninguna desviación a la panmixia en un mismo río ya sea en el Mamoré o en el Beni tanto en la región de arriba (Puerto Salinas) y la de abajo (Cachuela Esperanza) que no son diferenciadas entre ellas. Eso puede estar relacionado con las diferencias en la historia evolutiva o los rasgos de vida de las dos especies. Se puede suponer que *P. brachypomus* tiene mas intercambios genéticos en la misma cuenca relacionados con una capacidad migratoria más grande que *C. macropomum*, pero para testar esta hipótesis mas muestras son necesarios. Además fue observada una relación entre la variabilidad genética de *C. macropomum* y sus rasgos de vida (tasa de crecimiento y ciclo de reproducción, presentado en esta publicación, Nuñez *et al.*). La estructuración genética de esta especie será una guía para constituir planteles de reproductores para la piscicultura o para desarrollar una política de bioconservación.

Se debe enfatizar que la estructuración genética de *C. macropomum* esta en relación con la geografía, contrastando con la ausencia de relación entre los linajes de los haplotípos de D-Loop (en esta publicación, García *et al.* y Torrico *et al.*) y la geografía. Eso se explica en razón de la utilización de marcadores que dan informaciones muy diferentes, pero complementarias.

En el caso de *C. macropomum* la mezcla de los haplotípos del mtDNA informa de los intercambios migratorios a una escala paleo-ecología, en cuanto a las variaciones de las frecuencias alélicas del DNA nuclear informan a escala de la biología y de la ecología actual de los intercambios genéticos dependientes de la reproducción.

- Hassan, M.; Lemaire, C.; Fauvelot, C.; Bonhomme, F. 2003a. Seventeen New EPIC-PCR amplifiable introns in fish. *Molecular Ecology*, 2: 334-340.
- Hassan, M.; Harmelin-Vivien, M.; Bonhomme, F. 2003b. Lessepsian invasion without bottleneck: example of two rabbitfish species (*Siganus rivulatus* and *Siganus luridus*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 291: 219-232.
- Hassan, M.; Bonhomme F. 2005. No reduction in neutral variability of mitochondrial and nuclear genes for a Lessepsian migrant, *Upeneus moluccensis*. *Journal of Fish Biology*, 66: 865-870.
- Lauzanne, L.; Loubens, G.; Le Guennec, B. 1991. Liste commentée des poissons de l'Amazonie bolivienne. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 24: 61-76.
- Loubens, G.; Lauzanne, L.; & Le Guennec, B. 1992. Les milieux aquatiques de la région de Trinidad (Beni, Amazonie bolivienne). *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 25 : 3-21.
- Orti, G.; Petry P.; Porto, J. I. R.; Jégu, M.; Meyer, A. 1997. Patterns of nucleotide change in mitochondrial ribosomal RNA genes and the phylogeny of piranhas. *Journal of Molecular Evolution*, 42: 169-182
- Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river course, and river types. In: Sioli, H. (ed.). The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. *Monographiae Biologicae* 56. Dr. W. H. Junk Ed..The Netherlands, p. 127-165.
- Weir, B. S.; Cockerham, C. C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38: 1358-1370.

Baixo nível de variabilidade genética detectado no intron 3 do hormônio de crescimento de *Colossoma macropomum* e espécies relacionadas

Jorge Ivan Rebelo Porto¹, Audrey Alencar Arruda d'Assunção²

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA / CPBA). Av. André Araújo, 2239-Petrópolis, Manaus-AM, Brasil
e-mail: jirporto@inpa.gov.br

²Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA/ PPG – GCBEV), Laboratório Temático de Biologia Molecular, Manaus-AM, Brasil
e-mail: audrey@inpa.gov.br

Palavras Chaves: intron, hormônio de crescimento, variabilidade genética

Resumo

O Hormônio de crescimento (GH) é um polipeptídeo crucial para a regulação do crescimento nos vertebrados. A organização estrutural do gene do GH nas espécies de peixes tende a apresentar 5 exons e 4 introns. Como as regiões intrônicas do GH têm sido recentemente usadas em estudos filogenéticos e populacionais, neste estudo averiguamos a possibilidade do intron 3 do GH ser um candidato a marcador populacional, para *Colossoma macropomum*, e ter utilidade para testar filogenias dos serrasalmíneos.

Introdução

O Hormônio de crescimento (GH) é um polipeptídeo crucial para a regulação do crescimento nos vertebrados. Possui 22 kDa e é composto por 190 a 204 aminoácidos (incluindo o peptídeo sinal). Sua estrutura protéica é globular sendo constituída de 4 alfa-hélices antiparalelas com 2 pontes dissulfeto entre as cadeias e uma porção aminoterminal invariável (Wallis, 1992).

A organização estrutural do gene do GH nas espécies de peixes tende a ser de 5 exons e 4 introns, muito embora já tenha sido observado 6 exons e 5 introns em Salmoniformes e alguns Perciformes (Wallis, 1996). Seqüências de aminoácidos do GH dos peixes têm sido utilizadas para reconstituir a filogenia dos grandes

grupos de peixes (Rubin & Dores, 1995). As regiões do intron do GH também têm sido utilizadas para reconstituir a filogenia dentro de famílias de peixes (McKay *et al.*, 1996) ou para detectar diferenças populacionais (Schlee *et al.*, 1996).

Nos Characiformes, o conhecimento de seqüências desse gene está restrito a nove espécies pertencentes as famílias Characidae (Serrasalminae), Gasteropelecidae, Lebiasinidae, e uma espécie do gênero *Paracheirodon* considerada em *incertae sedis* (Porto & d'Assunção, 2004).

Tendo em vista que os Serrasalminae possuem hipóteses filogenéticas (morfológicas e moleculares) disponíveis e que uma de suas espécies de maior interesse comercial (*Colossoma macropomum*) já foi alvo de estudos genéticos, nós averiguamos a possibilidade do intron 3 do GH ser um candidato a marcador populacional e ter utilidade para testar filogenias moleculares.

Metodologia

Foram realizadas extrações do DNA de 45 amostras de *Colossoma macropomum*, 4 amostras de *Mylesinus paraschomburgkii*, 2 amostras de *Mylesinus paucisquamatus*, 2 amostras de *Serrasalmus rhombeus* e 2 amostras de *Serrasalmus* sp., usando-se o protocolo padrão fenol-clorofórmio. Para as amplificar a região do intron 3 do GH de serrasalmíneos foram desenhados os seguintes iniciadores: GHEX3F: 5' CCG CTG TCT TCT TTC TGC AAY TC 3' e GHE4R2: 5' GAT GCC CAT TTT CAG GTC AG 3', que se ancoram nos exons 3 e 4 do GH (Fig. 1).

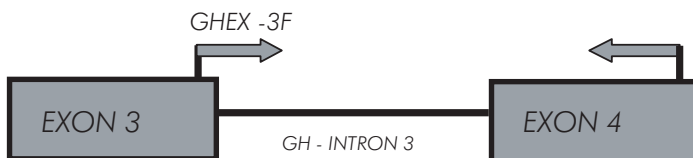


Figura 1. Representação esquemática do intron 3 do GH indicando o posicionamentos dos primers.

As seqüenciadas foram geradas no sequenciador automático MegaBace 1000, analisadas, editadas e alinhadas no pacote computacional Bioedit. Foi utilizado o programa BLAST para checar a homologia do produto amplificado com as seqüências depositadas no GenBank, particularmente de Cypriniformes e

Siluriformes. As seqüências editadas foram posteriormente analisadas em diferentes pacotes computacionais (DNAsp4, MEGA3, Paup*, TCS 3.1 e Arlequin) para estimar a variabilidade e diversidade genética.

Resultados e Discussão

Nos Serrasalmiinae o DNA foi bem amplificado com o conjunto de primers desenhados e variou de 500 a 600 bp. Em *Collossoma macropomum*, nas 8 populações amostradas: Tabatinga (n=5), Coari (n=8), Cruzeiro do Sul (n=2), Purus (n=4), Porto Velho (n=8), Parintins (n=7), Oriximiná (n=8) e Santarém (n=3), o tamanho do intron 3 foi de 405 bp. O índice de diversidade genética entre as populações variou de 0,5 a 0,85% e os valores resultantes do teste de Tajima e Fu sugerem que as populações estão em equilíbrio genético com respeito aos alelos de GH. A análise no programa Arlequin indicou haver uma pequena estruturação das populações de Tabatinga e Cruzeiro do Sul, o que pode ser explicado pela junção artificial dessas amostras, dado o pequeno número amostral de cada uma delas. No total, a análise das seqüências possibilitou-nos detectar 10 genótipos os quais parecem não estar relacionados com o local de coleta, reforçando a idéia de que o tambaqui possui uma população panmítica e que apresenta fluxo gênico ao longo da calha amazônica.

Ausência de estruturação populacional foi também demonstrada no trabalho de Santos (2004) utilizando a região controle (D-loop) do DNA mitocondrial. Tal comportamento pode ser esperado uma vez que esta espécie possui movimentos migratórios intensos, relacionados à dispersão e reprodução (Goulding & Carvalho, 1982). Embora o tambaqui seja uma das espécies mais visadas para exploração comercial e produção pesqueira os resultados disponíveis sugerem que aparentemente esta sobrexploração ainda não afetou a variabilidade genética das populações naturais de tambaqui. Com a adoção de programas de reprodução e criação em cativeiro, recomendamos que sempre que possível seja feito o monitoramento genético de tambaquis provenientes do cativeiro (particularmente dos reprodutores) e das populações selvagens para uma melhor estimativa dos parâmetros genéticos da espécie.

A análise comparativa do exon 4 do GH de tambaqui com outras seqüências de Cypriniformes e Siluriformes permitiu-nos detectar uma deleção de 30 bp compartilhada com os Siluriformes (Fig. 2A), sugerindo que o ancestral dos Characiformes e Siluriformes possuíam esta característica.

Quanto aos serrasalmíneos *Mylesinus paraschomburgkii*, *Mylesinus*

paucisquamatus, *Serrasalmus rhombeus* e *Serrasalmus* sp., as sequências obtidas do intron 3 do GH foram bastante similares entre si havendo poucos sítios polimórficos diagnósticos. Neste grupo, o tamanho do intron 3 do GH foi de 303 bp sendo que essas quatro espécies compartilham entre si uma deleção de 75 bp (Fig. 2B) e outra de 27 bp (Fig. 2C), mas não com *Colossoma macropomum*. Outras espécies de serrasalmíneos devem ser analisadas para se melhor avaliar o intron 3 do GH como uma ferramenta molecular para análises filogenéticas.

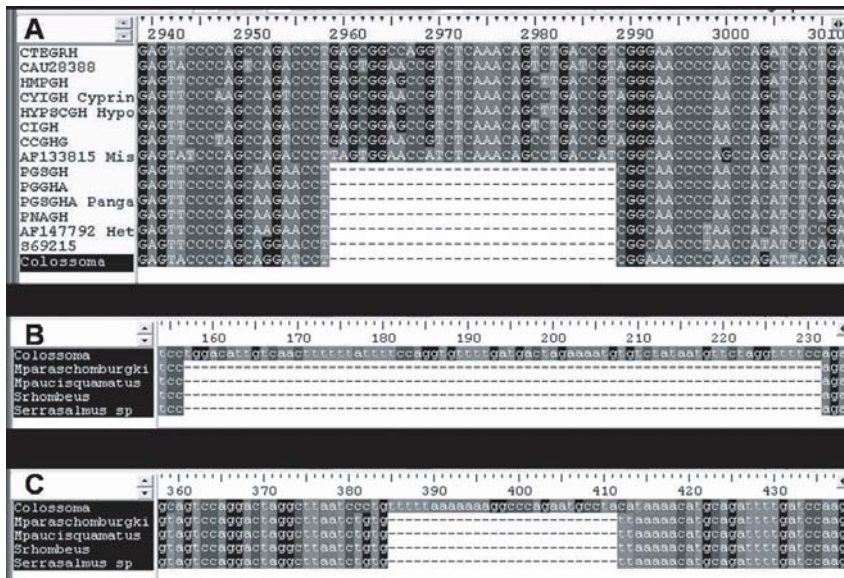


Figura 2. Deleções encontradas no serrasalmíneos. (A) 30 bp no exon 4 de Siluriformes e *Colossoma macropomum*. (B) 75 bp no intron 3 de *Mylesinus. paraschomburgkii*, *M. paucisquamatus*, *Serrasalmus rhombeus* e *Serrasalmus* sp. (C) 27 bp no intron 3 de *M. paraschomburgkii*, *M. paucisquamatus*, *S. rhombeus* e *Serrasalmus* sp.

Referências

- Goulding, M.; Carvalho, M. L. 1982. Life history and management of the Tambaqui, (*Colossoma macropomum*, Characidae): An important Amazonian food fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1: 107-133.
- Mckay, S. J.; Devlin, R. H.; Smith, M. 1996. Phylogeny of Pacific salmon and trout based on growth hormone type-2 and mitochondrial NADH dehydrogenase subunit 3 DNA sequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 1165-1176.
- Porto, J. I. R.; d'Assunção. 2004. How big and different is the GH-Intron 3 of Amazonian fish species? Proceedings of the VI International Congress on the Biology of Fish, Manaus, Brasil. p. 119-122.

- Rubin, A. D.; Dores, R. M. 1995. Obtaining a more resolute teleost growth hormone phylogeny by the introduction gaps in sequence alignment. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 4: 129-138.
- Santos, M. C. F. 2004. Genética das populações naturais de *Colossoma macropomum* (Tambaqui) da bacia amazônica: implicações para o manejo e conservação. Dissertação de Mestrado. UFSCar/UFAM.
- Schlee, P.; Fuchs, H.; Blusch, J.; Werner, T.; Rottmann, O.; Stein, H. 1996. Genetics polymorphism in the íntron of the growth hormone gene of the bleak. *Journal of Fish Biology*, 48: 1275-1277.
- Wallis, M. 1992. The expanding growth hormone/prolactin family. *Journal of Molecular Endocrinology*, 9: 185-188.
- Wallis, M. 1996. The molecular evolution of vertebrate growth hormones: A pattern of near-stasis interrupted by sustained bursts of rapid change. *Journal of Molecular Evolution*, 43:93-100.

Filogeografía comparada de especies de los géneros *Pseudoplatystoma*, *Colossoma*, *Piaractus*, *Cichla* y *Pygocentrus* en el Alto Madera

Juan Pablo Torrico^{1,3}, Carmen Rosa García², Eric Desmarais³, Jesús Nuñez^{1,4},
Fabrice Duponchelle¹⁴, Jean François Renno^{1,4}

¹ Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM y B, La Paz, Bolivia.

e-mail: jptb_bioevol@lycos.es, ibmb_jptb@hotmail.com

² Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP),

Laboratorio de Biología Molecular y Biotecnología (LBMB),

Avenida Abelardo Quiñones, Km. 2.5, Iquitos, Perú

e-mail: cdavila@iiap.org.pe, cdavila19@yahoo.com

³ GPIA (UMR 5171), CNRS-IFREMER-UM2, Station Marine de
l'Environnement Littoral, 1 quai de la Daurade, 34200 Sète, France

e-mail: desmarais@univ-montp2.fr

⁴ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,

BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France

e-mail: renno@univ-montp2.fr, nunez@ird.fr, duponchelle@ird.fr

Palabras clave: Filogeografía, Alto-Madera, Cichlidae, Pimelodidae, Serrasalminae

Resumen

Con el objetivo de obtener una visión preliminar de la filogeografía de seis especies de peces de interés económico, con rasgos de vida contrastados y de amplia distribución en Amazonía: *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus*, *Pygocentrus nattereri*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Pseudoplatystoma tigrinum*, *Cichla monoculus*, analizamos las secuencias nucleotídicas de una porción del genoma mitocondrial (Región de Control o D Loop).

La ausencia de concordancia filogeográfica entre dichas especies permite proponer diferentes escenarios para interpretar su historia evolutiva en la región.

Introducción

La filogeografía es la estrategia moderna de la biogeografía histórica que asocia los métodos y conceptos de la filogenia, la genética de poblaciones y la biogeografía

(Avice, 2004). Esta disciplina ha revolucionado la ecología histórica y la biología de poblaciones y permite comprender mejor los mecanismos de la evolución de las especies, pero también puede ayudar al establecimiento y ejecución de nuevas estrategias de gestión de la biodiversidad (Bernatchez & Wilson, 1998; Moritz & Faith, 1998)

El Alto-Madera constituye una de las zonas geográficas de mayor complejidad de la cuenca Amazónica, en particular en lo que se refiere a las características físico-químicas del agua (Roche *et al.*, 1988; Guyot *et al.*, 1998; Goulding & Barthem, 2004). A pesar de ello, hasta la fecha muy pocos estudios se han interesado de manera directa en esta región tan particular. Desde el establecimiento general de su configuración actual, hace unos cinco millones de años atrás, esta región ha sufrido numerosas modificaciones en su geomorfología y ecología (Lundberg *et al.*, 1998), transformaciones que han debido dejar huellas identificables en los patrones de variabilidad genética de su flora y fauna.

Aplicar una estrategia de filogeografía comparada en el estudio de la ictiología de esta región, tiene el potencial de esclarecer la relación de la ictiofauna de la cuenca del Alto Madera con el resto de la Amazonía, y al mismo tiempo enmarcar el contexto paleoecológico de la historia evolutiva de la ictiofauna a dentro del Alto Madera. En otras regiones, este enfoque ha permitido confirmar las subdivisiones intra-específicas conocidas al mismo tiempo que ha puesto en evidencia estructuras genéticas inesperadas e incluso contrarias a las propuestas por criterios morfológicos (Bernatchez & Wilson, 1998).

Metodología

Muestreo

El presente estudio incluye seis especies con rasgos de vida contrastados y de amplia distribución en Amazonía: *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus*, *Pygocentrus nattereri*, *Pseudoplatystoma fasciatum*, *Pseudoplatystoma tigrinum* y *Cichla monoculus*.

En todos los casos se obtuvieron muestras provenientes de los principales afluentes de la cuenca hidrográfica del Alto Madera (Fig. 1): el Río Madre de Dios, el Río Beni, el Río Mamoré, el Río Yata y el Río Iténez o Guaporé. Se incluyeron muestras provenientes de dos localidades de la cuenca del Río Ucayali. De manera paralela se incluyeron diversas secuencias de la región de control mitocondrial (D-Loop) publicadas en GenBank, así como secuencias de D-Loop de especies emparentadas para ser utilizadas como grupos externos en los análisis filogenéticos.

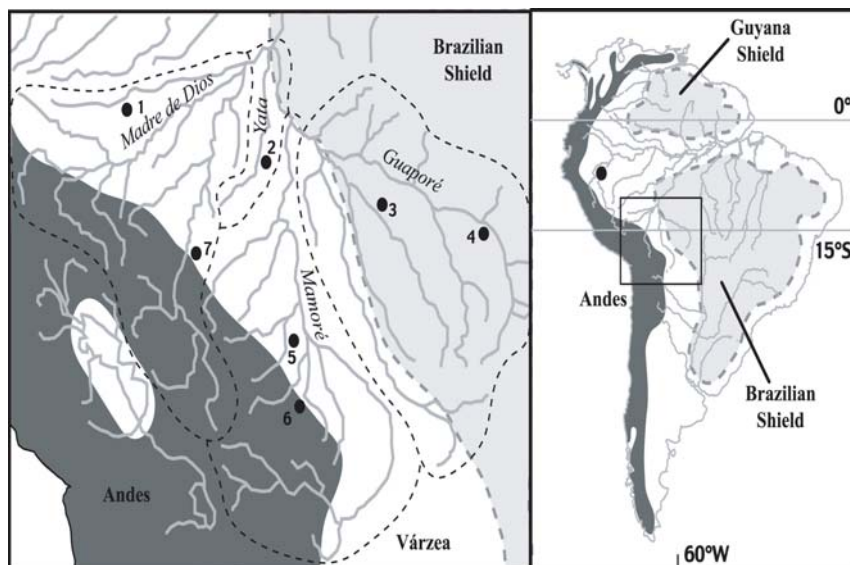


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio y localidades de muestreo. 1, Río Manuripi; 2, Río Yata; 3, Bajo Iténez; 4, Iténez Alto; 5, Río Sécure; 6, Río Ichio; 7, Río Beni; 8, Ucayali.

Amplificación por PCR y secuenciación

Los cebadores empleados para la amplificación y la secuenciación de la región de control (DL20F: 5'ttagcaaggcgtcttgggct3', DL20R: 5'accctagctcccaaagcta3') fueron gentilmente proporcionados por J.F. Agnèse. Se trabajó bajo condiciones estándar de PCR. Las secuencias fueron encargadas a un servicio comercial.

Análisis filogenéticos

Las secuencias fueron alineadas manualmente en el editor de secuencias GenDoc (Nicholas *et al.*, 1997). Los parámetros generales como composición, número de sitios variables, informativos, recuentos de transiciones y tranversiones fueron realizados en el programa MEGA versión 3. (Kumar *et al.*, 2004).

El análisis de la relación entre los diferentes haplotipos de D-loop obtenidos fue realizado mediante algoritmos de Neighbor-Joining y Parsimonia en el programa MEGA mientras que los análisis de Máximo de Verosimilitud se efectuaron gracias al programa PhyML 2.4.3. Como pruebas de neutralidad de las secuencias se usaron el Test de Tajima (1989) y el Test de Fu y Li (1997). Bajo la hipótesis de un reloj molecular y ante la ausencia de calibraciones para las especies estudiadas, se emplearon calibraciones publicadas para grupos emparentados. Así por ejemplo se empleó un tasa de substitución nucleotídica de 1.3% por cada millón de años

(Birmingham *et al.*, 1997) para Pimelodidae y Serrasalminae, mientras que se utilizó un valor de 6 a 7% por millón de años (Volckaert *et al.*, 2002) para *Cichla monoculus*.

Resultados y Discusión

El análisis de las relaciones filogenéticas entre los diferentes haplotipos obtenidos por secuenciación de la región D-Loop para las seis especies dan como resultado varios filogramas de topologías diferentes y no congruentes (Fig. 2). Podemos distinguir básicamente cuatro casos: baja divergencia y ausencia de estructuración genética; baja divergencia pero estructuración genética entre diferentes cuencas de drenaje; divergencia media, estructuración compleja pero sin coherencia geográfica evidente y finalmente divergencia alta con estructuración fuerte en relación con la geografía (cuencas de drenaje).

En el caso de *P. fasciatum* y *P. tigrinum*, las dos especies que presentan el nivel más bajo de divergencia genética ($0.51 \pm 0.11\%$ y $0.69 \pm 0.11\%$, respectivamente), ninguna estructuración genética en grupos monofiléticos ha podido ser puesta en evidencia. La ausencia de barreras eficaces al flujo de genes en la historia evolutiva reciente de estas especies, ligada a un potencial migrador importante podría explicar tales resultados. Los haplotipos de *P. nattereri* también son igualmente poco diferenciados sin embargo y a pesar del bajo número de muestras los haplotipos del Alto-Madera parecen ser distintos de los provenientes de la Amazonía Central y Peruana.

Las dos especies, *P. brachypomus* et *C. macropomum* muestran, sobre el conjunto de la cuenca amazónica, una estructuración compleja (divergencia promedio $0.91 \pm 0.46\%$ y $1.36 \pm 0.21\%$, respectivamente), pero sin relación evidente con la configuración del sistema hidrográfico (presentado en esta publicación García *et al.*). Finalmente *Cichla monoculus* es la especie que presenta los niveles de divergencia genética más elevados (hasta 11.89%). Muestra una estructuración fuerte con linajes exclusivos del Alto Madera y un linaje exclusivo de la Amazonía peruana. Hemos identificado procesos ecológicos, actuales o pasados, como una causa potencial de la estructuración genética de esta especie, toda vez que la calidad de agua parece haber sido un factor importante en la historia evolutiva de *C. monoculus*, por lo menos en el área en estudio. Podemos concluir también que una revisión taxonómica de esta especie en el conjunto de la cuenca amazónica es necesaria.

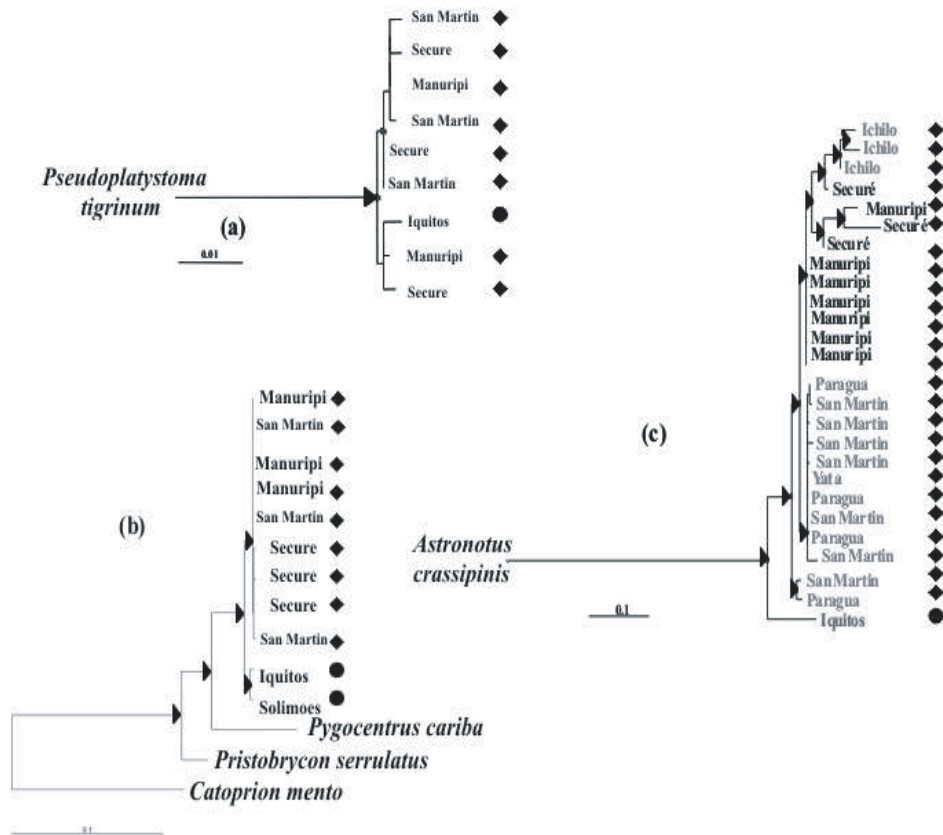


Figura 2. Relaciones filogenéticas entre los haplotipos de D-loop de (a) *Pseudoplatystoma fasciatum*, (b) *Pygocentrus nattereri* y (c) *Cichla monoculus*. Las puntas de flecha = bootstrap > 75% en Parsimonia y Máximo de Verosimilitud; rombos oscuros (Alto-Madera) y los redondos (externas al Alto Madera)

El desarrollo de este trabajo va permitir la propuesta de diferentes escenarios en el marco de procesos históricos. Gracias al uso de tres calibraciones diferentes para las velocidades de evolución molecular del ADN mitocondrial, asumimos que se han desarrollado la diferenciación entre linajes mas recientes entre el limite del Plioceno-Pleistoceno y el Pleistoceno, asociada a la formación de refugios, cuya naturaleza y ubicación quedan por definirse, y a la historia dinámica de la articulación del sistema hidrológico y tectónico de la Amazonía Occidental. Finalmente, los resultados presentados ponen en evidencia aspectos importantes para la apropiación sostenible de los recursos biológicos con consideración de la estructuración genética de las especies. La cuenca del Alto Madera no solamente es genéticamente

diversificada en lo que concierne a especies económicamente muy importantes en la Amazonía: *P. brachypomus*, *C. macropomum* y *C. monoculus*; pero además hasta ahora se ha visto libre de la sobre-explotación de los recursos ictiológicos que es característica de la amazonía central. Al mismo tiempo la acuicultura ha comenzado a interesar a los sectores económicos y de conservación. Estudios como el presente son importantes en vista a un uso racional, planificado y respetuoso del ambiente natural.

Referencias

- Avise, J. C. 2004. *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Massachusetts. 684p.
- Bernatchez, L.; Wilson, C. C. 1998. Comparative phylogeography of Neoartic and Paleoartic fishes. *Molecular Ecology*, 7: 431-452.
- Kumar, S.; Tamura, K.; Nei, M.; 2004. MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics* 5: 150-163.
- Moritz, C.; Faith, D. P. 1998. Comparative phylogeography and the identification of genetically divergent areas for conservation. *Molecular Ecology*, 7: 419-429.
- Roche, M.; Jauregui, C. F.; 1988. Water resources, salinity and salt yields of the rivers of the Bolivian Amazon. *Journal of Hydrology*, 101: 305-331.
- Guyot, J. L.; Jouanneau, J. M.; Wasson, J. G. 1999. Characterisation and suspended sediments in the Río Madeira drainage basin (Bolivian Amazonía). *Journal of South American Earth Science*, 12: 401-410.
- Goulding, M.; Barthem, R.; Ferreira, E. 2004. *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Smithsonian Books, Washington. 253p.
- Lundberg, J. G.; Marshall, L. J.; 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. R. S. (Eds.). *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. EDIPUCRS, Porto Alegre, RS. p. 13-47.

Optimización de dos métodos de extracción de ADN genómico a partir de la concha de abanico peruana *Argopecten purpuratus* L.

Susana Sirvas Cornejo, Betty Gamero Collado

Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV),

Calle Roma 340, Miraflores, Lima, Perú.

e-mail: susansirvas@hotmail.com, bettygamero@hotmail.com

Palabras Clave: Extracción ADN, concha de abanico, *Argopecten purpuratus*

Resumen

Se realizaron extracciones de ADN, de branquias frescas, sin usar fenol, a través del método de Bruford utilizado para primates, y del método de CTAB, recomendado para muestras con alto contenido de mucopolisacáridos. La concentración de ADN, se midió por espectrofotometría de luz UV, y la pureza a través de la relación A_{260}/A_{280} . Los resultados indicaron que el método más adecuado fue el de CTAB, con concentraciones de ADN y pureza, mayores a las obtenidas por el método de Bruford.

Introducción

La concha de abanico es un recurso muy importante en los mercados interno y de exportación. Su distribución geográfica va desde Paita (Perú) hasta Coquimbo (Chile) siendo los bancos más importantes los de Chimbote, Callao y Pisco. La producción de concha de abanico en nuestro país ha tenido muchas fluctuaciones ya sea por factores climáticos o por la disminución en la captación de semilla debido al deterioro de las poblaciones en los bancos naturales.

Actualmente la producción del recurso se basa en la captación de semilla de los ambientes naturales y el engorde posterior en sistemas de cultivo de fondo o suspendido. Se han realizado investigaciones y estudios en lo referente a su crecimiento y dinámica poblacional en ambientes naturales (Mendo *et al.*, 1988, Rubio & Taipe, 1996), y cultivo en ambientes controlados (Valdivieso *et al.*, 1989).

Se requiere estudios sobre las características genéticas de las diferentes poblaciones para poder seleccionarlas más adecuadamente e iniciar programas de produc-

ción de semilla mejorada. Las regiones de Samanco, Playa Dorada, Los Chimus, Salinas y Casma, son actualmente las más utilizadas para el cultivo.

La producción de concha de abanico de 1993 al 2002 fue de 300 a 2500 TM, con mediciones muy fluctuantes y presentó un repunte del 2000 al 2002, pero aún la producción fue muy baja. En el mes de Setiembre del 2003 se estableció la prohibición (RM N° 327-2003-PRODUCE) en relación a la extracción concha de abanico (*Argopecten purpuratus*), en la jurisdicción de la Región Lambayeque y en el ámbito de la Dirección Regional de Pesquería de Piura, con el objetivo de garantizar la preservación y explotación racional de los este recurso.

El presente trabajo constituye el inicio de una serie de estudios sistemáticos a nivel molecular de esta especie, y tiene por objetivo extraer ADN genómico de concha de abanico, utilizando dos métodos: el primero que es una modificación del método de Bruford (1992), y el segundo que utiliza el detergente catiónico CTAB (cetil trimetil bromuro de amonio), usado en la purificación de ADN de organismos ricos en mucopolisacáridos (Murray & Thompson, 1980).

Metodología

Se utilizaron conchas de abanico provenientes del mercado local, o directamente de la zona de cultivo de Los Chimus, en cuyo caso hubo que realizar un acondicionamiento y mantenimiento de las conchas en el laboratorio, ya que llegaban de Los Chimus en horas de la noche o de la madrugada manteniéndolas a una temperatura de 19°C.

Extracciones de ADN

Método de Bruford (Modificación de Bruford *et al.*, 1992)

Se extrajeron las branquias de conchas frescas, se pesó 50 mg, se homogenizó en un mortero, se agregó 3 mL de buffer TNE, y se disolvió. Se agregó 300 µl de Tris HCl 1 M pH 8.0, 5 unidades de proteinasa K, y 80 µl de SDS al 20 %. Se incubó a 37°C toda la noche. Se agregó 1 / 3 del volumen de muestra de ClNa 6 M y se agitó en el vortex por 15 segundos. Luego se centrifugó a 5 000 rpm por 15 minutos a temperatura ambiente (18–20°C). Se tomó el sobrenadante y se centrifugó a 10 000 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente. Se transfirió el sobrenadante a un tubo limpio y se agregó 2 volúmenes de etanol al 100 %. Se mezcló invirtiendo el tubo suavemente. Se centrifugó nuevamente a 10 000 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente, y se eliminó cuidadosamente el sobrenadante. Se enjuagó el

pellet con 500 µl de etanol al 70 %. Se eliminó cuidadosamente el etanol y se colocó los tubos boca abajo en un papel toalla, donde se dejó secar hasta que no hubiera olor a etanol. Finalmente, se resuspendió el pellet en 300 µl de buffer TE, y se almacenó a -20 °C.

Método de CTAB (Modificación del método de Wood *et al.*, 2003)

Se extrajeron las branquias de conchas de abanico frescas, se pesó 50 mg, se homogenizó en un mortero, se agregó 300 µl de buffer CTAB (Tris HCl 100mM pH 8, NaCl 1.4 M, EDTA 20 mM, CTAB 2 %) y se disolvió. Se transfirió a un microtubo limpio y agregó 0.15 mg de proteinasa K. Se incubó a 55°C por 2 horas. Luego se centrifugó a 10,000 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente (18 - 20°C). Se transfirió el sobrenadante a un microtubo y se agregó un volumen de cloroformo isoamil alcohol. Luego se centrifugó como anteriormente, y se transfirió la fase superior a un microtubo. Se agregó nuevamente un volumen de cloroformo isoamil alcohol y se centrifugó como anteriormente. Se transfirió la fase superior a un microtubo y se agregó 1 volumen de ClNa 1 M. Se agregó 2 volúmenes de etanol al 100 % y se centrifugó a 10 000 rpm por 10 minutos a temperatura ambiente. Se eliminó cuidadosamente el sobrenadante y se enjuagó el precipitado con etanol al 70 %, invirtiendo el tubo suavemente. Luego se extrajo el etanol. Se repitió el enjuague con etanol. Se dejó secar el tubo boca abajo en un papel toalla hasta que no hubiera olor a etanol. Se resuspendió cuidadosamente el precipitado en 300 µl de buffer TE, y se almacenó a -20°C.

Visualización del ADN en geles de electroforesis (Sambrook & Russell, 2001)

Se utilizó el buffer de corrida TAE (Tris 2 M, EDTA 0,1 M, pH 8,0 ajustado con ácido acético) y 100 ml de gel de agarosa al 1.5 % en buffer TAE. Se corrió el gel a 100 voltios por 45 minutos, hasta que el frente de corrida alcanzó aproximadamente 8 cm. Se sumergió el gel en una solución de bromuro de etidio (0.01 %) por 15 minutos. El gel se enjuagó con agua potable y se observó a través del transiluminador ultravioleta a 302 nm.

Medición de la concentración y pureza del ADN

La concentración se midió por triplicado, a través de espectrofotometría de luz ultravioleta, aplicando la siguiente fórmula:

Concentración de ADN = 50 µg.mL⁻¹ x A₂₆₀ x Factor de dilución.

La pureza de las soluciones se determinó aplicando la relación A₂₆₀/A₂₈₀ donde valores de 1,7 – 1,9 indicarían una pureza de 85 – 90 %.

Resultados y Discusión

La figura 1 muestra los acuarios con las conchas en agua de mar, donde se mantuvieron bien hasta la extracción.

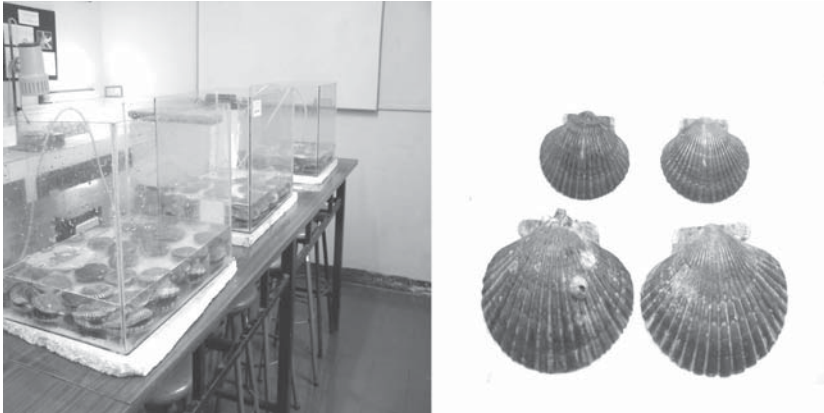


Figura 1. Acondicionamiento de las conchas de abanico en el Laboratorio de Genética Aplicada.

La figura 2 es un gel de agarosa mostrando el ADN genómico de las conchas de abanico, extraído por los métodos de Bruford y CTAB.

concentraciones de ADN que aquellas extraídas con el método de Bruford. La pureza obtenida fue mayor utilizando el método de CTAB que aquella obtenida con el método de Bruford, encontrándose dentro del rango de pureza aceptable para usos posteriores. Además, la extracción por el método de CTAB se lleva a cabo en 4 h, mientras que con el método de Bruford se requieren 2 días.

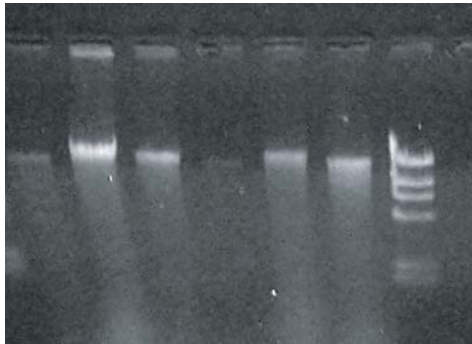


Figura 2. ADN genómico de concha de abanico extraído por el método de Bruford (1,2,3) y por el método de CTAB (4,5,6); marcador Lambda (7).

Tabla 1. Concentración ($\mu\text{g.mL}^{-1}$) y pureza (A_{260}/A_{280}) de ADN genómico de *Argopecten purpuratus*.

Concentración ($\mu\text{g mL}^{-1}$)		Pureza (A_{260}/A_{280})	
Bruford	CTAB	Bruford	CTAB
38,33	35,00	1,4237	1,8913
38,33	78,73	1,5473	1,8913
45,00	191,67	1,6027	1,9220

Una de las ventajas de cualquiera de los dos métodos, es que en ninguno de ellos se incluye fenol, ya que debido a su toxicidad existe actualmente una tendencia a evitar su uso en protocolos de extracción de ADN.

Las concentraciones y purezas de ADN obtenidas fueron similares a aquellas reportadas para otros organismos ricos en polisacáridos, como es el caso de micelios de hongos, de donde se obtuvo $75 \mu\text{g.mL}^{-1}$ de ADN (Faleiro *et al.*, 2004); o el caso de raíces frescas de cactus, de donde se obtuvo $10 - 20 \mu\text{g}$ de ADN por gramo de muestra fresca (Tel-Zur *et al.*, 1999), mientras que las concentraciones más bajas obtenidas en nuestro laboratorio fueron de $10.5 \mu\text{g}$ de ADN por gramo de branquias frescas; Chen & Ronald (1999) reportaron concentraciones de ADN de $153 \mu\text{g.mL}^{-1}$ en sus soluciones a partir de hojas de arroz, uvas, maíz, menta y nueces, bastante similares a las concentraciones más altas obtenidas en el presente trabajo ($191 \mu\text{g.mL}^{-1}$).

Se puede concluir que con los dos métodos utilizados se puede extraer ADN genómico a partir de concha de abanico, sin embargo sólo con el método de CTAB se obtiene ADN de buena calidad como para un uso posterior en digestiones con enzimas de restricción, y PCR.

Referencias

- Bruford, M.; Hanotte, O.; Brookfield, J.; Burke, T. 1992. Single multilocus DNA fingerprinting. In: A. Hoelzel (ed.) *Molecular genetic analysis of populations: a practical approach*. Oxford University Press, New York. p. 225-266.
- Chen, D. H.; Ronald, P. C. 1999. A rapid DNA minipreparation method suitable for AFLP and other PCR applications. *Plant Molecular Biology Reporter*, 17: 53–57.
- Faleiro, F. G.; Niella, G. R.; Cerqueira, A. R. R. N.; Damaceno, V. O.; Gomes, L. M. C.; Faleiro, A. S. G. 2004. Mycelial production of *Crinipellis pernicioso* on four culture media for DNA extraction. *Fitopatologia Brasileira*, 29:312-315.

- Mendo, J.; Valdivieso, V.; Yamashiro, C. 1988. Crecimiento de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* en la Bahía Independencia, Pisco-Perú. In: Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, Extraordinario: 153-162.
- Murray, M. G.; Thompson, W. F. 1980. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Research*, 8: 4321 - 4325.
- Rubio, J.; Taipe, A. 1996. Evaluación de la población de concha de abanico en la Isla de Lobos de Tierra y Bahía Sechura. *Instituto del Mar del Perú, Informe Progreso*, 46: 63-110.
- Sambrook, J.; Russell, D. W. 2001. *Molecular Cloning, a Laboratory Manual*, 3rd Edition. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- Tel-Zur, N.; Abbo, S.; Myslabodski, D.; Mizrahi, Y. 1999. Modified CTAB procedure for DNA isolation from epiphytic cacti of the genera *Hylocereus* and *Selenicereus* (Cactaceae). *Plant Molecular Biology Reporter*, 17: 249 -254.
- Valdivieso, V.; Loyola, C.; Gallegos, F. 1989. Producción experimental de concha de abanico en ambiente controlado. *Red Acuicultura. IMARPE, Boletín*, 2: 20-22.
- Wood, A. R.; Beaumont, A. R.; Skibinski, D. O. F.; Turner, G. 2003. Analysis of the nuclear - DNA marker for species identification of adults and larvae in the *Mytilus edulis* complex. *Journal of Mollusc Studies*, 69: 61-66.

Piscicultura

Cultivo de paiche, *Arapaima gigas* en estanques de productores en Loreto, Perú

Fernando Alcántara Bocanegra, María Aldea Guevara, Pedro Ramírez Arrarte, Carlos Chávez Veintemilla, Dennis Del Castillo Torres, Salvador Tello Martín

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP),
Programa de Ecosistemas Acuáticos, Iquitos, Perú
alcanf@iiap.org.pe; fab_001@hotmail.com

Palabras clave: Paiche, *Arapaima gigas*, crecimiento, cultivo

Resumen

Se efectuó el seguimiento del crecimiento de los paiches de 56 productores de un total de 100 en Loreto, Perú.

La relación entre la longitud y el peso de los paiches responde a la ecuación $Y = 0.0038182 X^{3.235983}$; el factor de condición, en promedio alcanzó 1.11; la tasa específica de crecimiento fue de 0.85 y con alta sobrevivencia equivalente al 76 %. Las causas de mortalidad son la sustracción y la predación por nutria, *Pteronura brasiliensis*.

Introducción

El paiche, *Arapaima gigas*, es uno de los peces de escama más grandes de las cuencas del Amazonas y del Orinoco (Luling, 1969). En su medio natural alcanza longitudes de dos a tres metros y un peso de 200 kilogramos (Saint-Paul, 1986) y se alimenta principalmente de peces vivos (Fontenele, 1942; Sánchez, 1961). Su carne tiene un rendimiento de 57 % (Imbiriba, 1986), además carece de huesos intermusculares, tiene buena textura, color blanco, sabor neutro, por lo cual su filete es de excelente calidad y altamente preferido por el consumidor de la región amazónica.

Las estadísticas de desembarque de paiche en el departamento de Loreto, Perú de los últimos dieciocho años muestran una clara tendencia negativa disminuyendo desde aproximadamente 700 a 144 toneladas (Montreuil & García 2003).

Por lo tanto, en una perspectiva de conservación y uso sostenido, cualquier incremento de la presión de pesca de esta especie significa un riesgo considerable por lo cual la Convención Internacional de Tráfico de Especies CITES la ha considerado en el Apéndice II de las especies en peligro de extinción.

No obstante, el paiche se reproduce naturalmente en los estanques (Alcántara, 1990) y embalses en los que se alimenta de peces de porte pequeño. Al respecto, Bard *et al.* (1975), señalaron la posibilidad de cultivar el paiche en la modalidad extensiva utilizando un pez forraje, como se hizo con relativo éxito (Alcántara & Guerra, 1992; Rebaza, 1998; Imbiriba, 2001). Sin embargo, el paiche en condiciones de cultivo acepta alimentos alternativos, tales como embriones de pollo y en condiciones extremas, pan y galletas (Rebaza *et al.*, 1999) y puede ser cultivado inclusive, con alimento artificial (Aldea *et al.*, 2002; Pereira *et al.*, 2002).

Por otra parte, se ha determinado que existe demanda de productos de paiche y otras especies en los mercados de Asia, Europa y Norte América (Huanqui, com. pers.) pero se carece de una base productiva para ingresar a esos mercados.

En este contexto, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP, ha iniciado un programa de cultivo de paiche en estanques de productores, en la Amazonía peruana, con la finalidad de incrementar la producción de alevinos y desarrollar una base productiva de esta especie. En este artículo se reporta los resultados del cultivo de paiche en estanques de productores de la carretera Iquitos Nauta, en Loreto, Perú.

Material y Métodos

Los beneficiarios del programa, en Loreto se localizan en la carretera Iquitos Nauta, vía que une las ciudades de Iquitos y Nauta a través de 95 kilómetros. El programa se inició el año 2001 con la entrega, en donación, de seis paiches a veinte beneficiarios. Posteriormente se entregó un número similar de paiches a otros beneficiarios a través de los años 2002, 2003 y 2004.

Los alevinos entregados se obtuvieron de la reproducción en cautiverio, de ocho peces adultos, en los estanques de cultivo del Centro de Investigaciones de Quistococha, del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Los alevinos se criaron hasta alcanzar una longitud promedio de 40 cm.

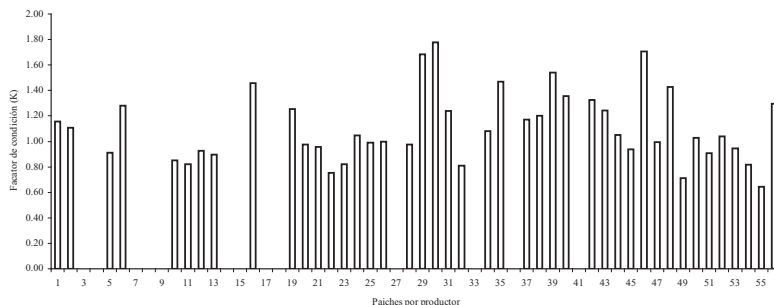


Fig. 1. Factor de condición de paiche, *Arapaima gigas*, en cultivo en estanques de productores

Antes de la siembra del paiche se sembró bujurqui, *Cichlasoma amazonarum* y / o mojarra, *Gymnocorymbus thayeri*, y *Tetragonopterus sp.*, en densidades de 20 000; 25 000 y 30 000 / ha como forraje de los paiches.

El crecimiento del paiche se observó en base a visitas periódicas de dos profesionales del convenio entre el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IAP y Southern Illinois University at Carbondale de los Estados Unidos. En este sentido, se realizó el seguimiento de los indicadores siguientes:

Relación longitud – peso: $\text{Peso} = a * (\text{Longitud})^b$

Factor de condición: $K = 100 * \text{Peso} / (\text{Longitud})^3$

Tasa específica de crecimiento:

$\text{TEC} = 100 * (\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial}) / \text{Tiempo}$

Tasa de sobre vivencia:

$\text{TS} = 100 * (\text{número final de peces} / \text{número inicial de peces})$

Resultados y Discusión

La relación longitud peso de los paiches observados en los estanques de productores de la carretera Iquitos Nauta responde a la siguiente ecuación $Y = 0.003818 X^{3.235983}$ lo que indica que el crecimiento de este pez es de tipo alométrico (Ricker, 1975). Al respecto, Berger (1972) estudiando el factor de condición del paiche en

base a ejemplares con una talla de 1.10 a 2.50 m y un peso de 10 a 189 kg capturados en la Zona Reservada del Río Pacaya, entre los años 1959 a 1969, reportó valores del exponente x en la relación longitud peso que variaron entre 2.03 y 3.27, con un promedio de 2.61, indicando además que la relación longitud peso del paiche para los años estudiados está dada por la ecuación $P = 16.7055.L^{2.61}$. Sin embargo, la ecuación en mención no describe adecuadamente la relación entre la longitud y el peso de la especie.

Moura Carvalho & Nascimento (1992) e Imbiriba (2001), reportaron un crecimiento del paiche cercano a los 12 kilogramos a un metro de longitud, en el primer año y Alcántara *et al.* (2003), en cultivo de paiche en la modalidad predador presa utilizando un pez de porte pequeño como los bujurquis, *Cichlasoma amazonarum* y las mojarra, *Gymnocorimbus thayeri* y *Tetragonopterus sp.* reportaron un crecimiento similar, en el mismo período. Por otra parte, Pereira *et al.* (2002) confirman el gran potencial de crecimiento de esta especie luego de su cultivo intensivo con raciones con 40 % de proteína total.

En promedio, el factor de condición observado, fue de 1.11, con un rango de 0.7 a 1.8 debido probablemente a variaciones en la oferta de forraje en los estanques. No obstante, el promedio indica un buen estado de los individuos en cultivo (Fig. 1) ya que Pereira *et al.* (*op cit.*) reportan un valor de 1.02 en paiches alimentados con raciones con un tenor de proteína de 40 %, con buena ganancia de peso individual.

En general la tasa específica de crecimiento fue variable, con un promedio de 0.8 y un rango de variación de 0.76 a 3.2 que indica que los peces están recibiendo diversa oferta de alimento (Fig. 2). Por otra parte, el nivel de la tasa específica de crecimiento observada se aproxima a la tasa de 1.1 reportada por Pereira *et al.* (*op. cit.*) en cultivo intensivo de paiche con dietas artificiales.

El nivel de sobrevivencia observado ha sido alto, cercano a 76 % siendo las causas de mortalidad la sustracción furtiva y la predación por nutria, *Pteronura brasiliensis*.

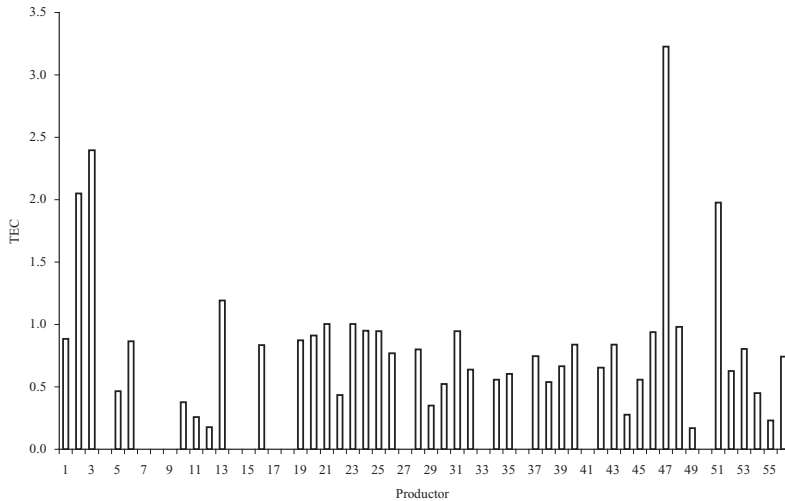


Fig. 2. Tasa específica de crecimiento de paiche, *Arapaima gigas*, en cultivo en estanques de productores.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a *Southern Illinois University at Carbondale* y al *Collaborative Research Support Program / Pond Dynamic Aquaculture – CRSP / PDA* por el apoyo para la ejecución de investigaciones y extensión en acuicultura en el área de trabajo.

Referencias

- Alcántara, B. F. 1990. Observaciones sobre comportamiento reproductivo de paiche, *Arapaima gigas*, en cautiverio. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. *Folia Amazónica*, 2: 4-10.
- Alcántara, B. F.; Guerra, H. 1992. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, utilizando bujurqui, *Cichlasoma bimaculatum*, como presa. *Folia Amazónica*, 4: 129-139.
- Aldea, M.; Alcántara, F.; Padilla, P. 2002. Cultivo de paiche *Arapaima gigas* con dietas artificiales en jaulas flotantes. Congreso Nacional de Biología. Universidad Nacional Agraria La Molina. 10 p.
- Bard, J.; De Kimpe, P.; Lemasson, J.; Lessent, P. 1975. Manual de piscicultura destinado a la América tropical. Centre Technique Forestier Tropical. Ministerio de Asuntos Extranjeros, Francia. Revisado por Christian Berger. 2^{da} ed. 104 p.

- Berger, C. 1972. Estudio del factor de condición del paiche, *Arapaima gigas* (Cuvier) en la Zona Reservada del Río Pacaya entre los años 1959 a 1969. Tesis para optar el Grado de Bachiller en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.
- Fontenele, O. 1942. Contribuição para o conhecimento da biologia de pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier), em cativo (Actinopterygii, Osteoglossidae). DNOCS. Coletânea de trabalhos Técnicos. Série I-C.
- Imbiriba, E. P. 2001. Potencial de Criação de pirarucu em cativo. *Acta Amazonica*, 31: 299-316.
- Luling, K. H. 1969. Das laichverhalten der vewetretter der familie Osteoglossidae (Versuch einer Übersicht). *Bonner Zoologische Beiträge.*, 20(1/3): 228-243.
- Montreuil, V.; García, A. 2003. La veda como instrumento de manejo de las poblaciones naturales de paiche en Loreto. In: Alcántara, F.; Montreuil, V. (Eds). Seminario Taller Internacional de Manejo de Paiche o Pirarucu. Russel E. Train. Education for Nature Program. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. p. 83-89.
- Moura Carvalho, L. O. D. de; Nascimento, C. N. B. do. 1992. Engorda de pirarucus, *Arapaima gigas* em associacao com bufalos e suinos. EMBRAPA-CPATU. Belem/BR. Circular Técnica, 65. 21p.
- Pereira-Filho, M.; Sagratzki Cavero, B. A.; Roubach, R.; Rabello Ituassú, D.; André Lima Gandra; Crescencio, R. 2002. Engorda do Pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro excavado. XII Simp. Bras. Acuicultura em Goiania. GO.
- Rebaza, M. 1998. Crianza de Paiche, *Arapaima gigas*, en cautiverio, Centro Regional de Investigaciones de Ucayali, IIAP. Informe Interno, 5 p.
- Rebaza, A. M.; Alcántara, B. F. & Valdivieso, G. M. 1999. Manual de Piscicultura del paiche *Arapaima gigas*. Manatí Gráfico S.A., Caracas, Venezuela. 72 p.
- Ricker, W. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. Bulletin 191. Department of Fisheries and the Environment. Fisheries and Marine Service. Scientific Information and Publication Branch. Ottawa. Canada. p. 207-209.
- Sánchez, J. 1961. El paiche. Aspectos de su historia natural, ecología y aprovechamiento. Servicio de Pesquería del Ministerio de Pesquería, Lima. 48 p.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes; a review. *Aquaculture*, 54: 205-240.

Avances en el cultivo de paiche *Arapaima gigas* en jaulas flotantes en el Lago Imiría, Perú

Mariano Rebaza Alfaro, Carmela Rebaza Alfaro, Sonia Deza Taboada

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Carretera Federico Basadre Km. 12.400, Pucallpa – Ucayali, Perú
mrebaza@iiap.org.pe, crebaza@iiap.org.pe, sdeza@iiap.org.pe

Palabras Clave: *Arapaima gigas*, cultivo, jaulas flotantes, crecimiento, densidad de siembra.

Resumen

Se reportan los avances de un experimento de cultivo de paiche *Arapaima gigas* a diferentes densidades en jaulas flotantes en el Lago Imiría. Un total de 1 200 paiches fueron sembrados en dos jaulas de 250 m³ cada una, con una biomasa inicial de 525.60 kg en la jaula 1 y 201.60 Kg. en la jaula 2. La biomasa lograda a los 120 días de cultivo fue de 2 189 Kg. y 1 158 Kg. para las jaulas 1 y 2 respectivamente con una conversión alimenticia de 2.2 y 2.3 en las jaulas 1 y 2 respectivamente.

Introducción

Durante los últimos años el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) está realizando investigaciones en reproducción, manejo de alevinos y cultivo de *Arapaima gigas* y validando tecnología de crianza de esta especie en ambientes naturales con el propósito de generar paquetes tecnológicos que contribuyan a conservar la especie y ofrecer a los productores e inversionistas oportunidades para realizar bionegocios en la Amazonía Peruana. El paiche es considerado una especie de alta demanda y con fuerte presión de pesca por lo que está incluido como una especie amenazada en el Apéndice II del CITES, razón por la cual se viene desarrollando tecnologías apropiadas para su cultivo (Rebaza *et al.*, 1999). El cultivo de peces en altas densidades es una práctica común para aumentar la productividad y mejorar el desempeño zootécnico de la población sembrada (Ono & Kubitza, 1999). Una de las modalidades de crianza de peces son las jaulas

flotantes que permiten altas densidades de siembra (Schmittou, 1993). Conformadas por estructuras flotantes de variadas formas y tamaños las jaulas ofrecen protección contra predadores, recambio de agua y evitan la competencia con otros peces (Silva & Siquiera, 1997).

En la región amazónica el paiche probablemente es la especie que presenta mejores perspectivas para la crianza en régimen intensivo por presentar gran velocidad de crecimiento pudiendo alcanzar hasta 10 kilogramos en el primer año de cultivo (Carvalho & Nascimento, 1992; Imbiriba, 2001). El paiche soporta altas densidades de siembra y tiene respiración aérea, una característica fisiológica que facilita su cultivo en jaulas flotantes (Ono & Kubitz, 1999; Caveró, 2002).

La aplicación de tecnologías apropiadas de cultivo de paiche en ambientes controlados, se presenta como una opción ecológica, económica y socialmente viable debido a que la crianza de esta especie disminuiría la presión de pesca sobre las poblaciones naturales, permitiría la creación de fuentes de trabajo y contribuiría a satisfacer las necesidades alimenticias de la población local, regional y nacional (Rebaza *et al.*, 1999).

El presente trabajo tiene como objetivo la evaluación del crecimiento, la conversión alimenticia, el factor de condición y la sobrevivencia del paiche en jaulas flotantes en el Lago Imiría.

Metodología

El trabajo se viene realizando desde el mes de enero del 2005 en el Lago Imiría, jurisdicción de la Comunidad Nativa Caimito, ubicada en el Distrito de Masisea, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali.

Para este estudio se viene utilizando dos jaulas de fierro galvanizado de 10 m x 10 m x 3 m y 3/4 de pulgada de malla. Los alevinos de paiche utilizados provienen de las sedes del IIAP Iquitos y Pucallpa. Los peces fueron previamente sometidos a un periodo de adaptación al alimento extruído en el laboratorio del IIAP Ucayali. El transporte de los paiches se realizó vía fluvial desde el puerto de Pucallpa hasta el Lago Imiría; para lo cual se utilizó bolsas plásticas de 40 cm x 40 cm x 60 cm que contenía 8 litros de agua y oxígeno; el tiempo de transporte fue de 10 horas. La densidad de siembra utilizada fue de 3 y 2 peces/m³ en las jaulas 1 y 2 respectivamente.

Los paiches son alimentados diariamente con una dieta extrudida con 40% de proteína bruta y 3.2 kcal/g de energía digestible. El alimento es suministrado en

cinco raciones ofrecidas cada 2 horas (8h, 10h, 12h, 14h, 16h) y la tasa de alimentación es equivalente al 5% de la biomasa total de cada jaula. Los parámetros evaluados son la tasa de conversión alimenticia, la eficiencia alimenticia y el factor de condición.

Resultados y Discusión

Los resultados revelan que los paiches de la jaula 1 y 2 han alcanzado un peso promedio de 3 080 kg y 2 420 kg y una ganancia de peso diario de 19.6 g y 16.6 g respectivamente lo que indica que los paiches están aprovechando muy bien el alimento extruído lo cual es corroborado con los valores de la conversión alimenticia determinados (Tabla 1).

Tabla 1. Principales índices zootécnicos registrados en el cultivo de paiche *Arapaima gigas* en jaulas flotantes en el Lago Imiría, Región Ucayali, Perú.

	Jaula 1	Jaula 2
Densidad (peces/m ³)	3	2
Peso Promedio Inicial (kg)	0.730	0.420
Biomasa Inicial (kg)	525.60	201.60
Periodo de cultivo (días)	120	120
Peso Promedio Final (kg)	3.080	2.420
Biomasa Final (kg)	2189.0	1158.0
Ganancia de Peso (kg)	2.350	2.000
Ganancia de Peso/día (g)	19.6	16.6
Sobrevivencia (%)	98.75	100
Factor de Conversión Alimenticia	2.2	2.3
Eficiencia Alimenticia (%)	44.28	43.04
Factor de Condición K	0.84	0.76

Los resultados del factor de condición revelan que los peces de la jaula 1 se están desarrollando mejor frente a los peces de la jaula 2, debido a que en los 120 días de cultivo han alcanzado una eficiencia alimenticia de 44.28% de la dieta suministrada, estos resultados probablemente indican una mejor distribución de alimento, lo que significa reducción de pérdidas y por consiguiente una mayor eficiencia. La optimización del consumo de alimento no está relacionado con la condición de los peces y si con el número de paiches/m³. Lo arriba mencionado coincide también con Trzebiatowski *et al.* (1981) y Teskeredzic *et al.*, (1986) quienes reportan que

con una mejor distribución de alimento los lotes crecen más homogéneos, aumentan la productividad y mejoran la conversión alimenticia aparente.

En la figura 1 observamos que durante los 120 días de cultivo en jaulas flotantes y en dos distintas densidades de siembra, los peces de la jaula 1 muestran un crecimiento ligeramente más uniforme frente a los peces de la jaula 2.

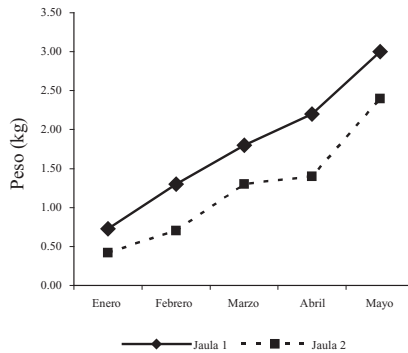


Figura 1. Crecimiento de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier 1829) durante 120 días de cultivo en jaulas flotantes en el Lago Imiría.

Referencias

- Carvalho, L. O. D. M.; Nascimento, C. N. B. 1992. Engorda de pirarucú (*Arapaima gigas*) em associação com búfalos e suínos. Belem: EMBRAPA - CPSTU. 21 p. (Circular Técnica, 65).
- Imbiriba, E. P. 2001. Potencial da criação de pirarucú, *Arapaima gigas*, em cautiverio. *Acta Amazonica*, 31(2): 299-316.
- Ono, E. A; Kubitzka, F. 1999. Cultivo de peixes em tanques-rede. 2^{da}. Edición. Jundiai, Brasil.
- Rebaza, M.; Alcantara, F.; Valdivieso, M. 1999. Manual de Piscicultura del Paiche. *Arapaima gigas* (Cuvier 1829). SPT-TCA. IIAP. Caracas, Venezuela. 72 p.
- Sagratzi, B. 2002. Densidade de estocagem de juvenis de pirarucú *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) em tanques-rede de pequeno volume. Manaus, 54 p.
- Shimittou, H. R. 1993. Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume. Associação de Soja/Mogiana Alimentos. 78 p.
- Silva, A. L. N; Siquiera, A. T. 1997. Piscicultura em tanques-redes: Principios Básicos. Recife. UFRPE.
- Tezkeredzic, E.; Tezkeredzic, Z.; Malnar, Z; Hacmanjek, M.; Margas, D. 1986. The effect of stocking density on growth and mortality of rainbow trout cultured in floating cages in the brackish water of the river Krka Estuary. *Acta Biológica Iugoslavica*, 18(1): 41-46.
- Trzebiatowski, R.; Filipiak, J.; Jakubowski, R. 1981. Effect of stocking density on growth and survival of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich). *Aquaculture*, 22: 289-295.

Crecimiento compensatorio de alevinos paiche *Arapaima gigas*, en ambientes controlados

Palmira Padilla Pérez, Áurea García Vásquez, Manuel Sandoval Chacón

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)
Apartado 784, Iquitos, Perú
e-mail: ppadilla_perez@hotmail.com, augava28@hotmail.com,
msandtm@msn.com

Resumen

Se evaluó el crecimiento de alevinos de paiche con cuatro tipos de alimentación: Pescado al 5 %; pescado al 8%; dieta balanceada + pescado al 5% y pescado *ad libitum* en tanques, criados por ocho semanas. Los ejemplares alimentados con pescado *ad libitum* y al 8% tuvieron mejor crecimiento ($p < 0.05$). La tasa de crecimiento específico fue mayor en los peces alimentados *ad libitum* (1.69) con una conversión alimenticia de 1:1 y 1.3:1. La sobrevivencia fue de 93.3%. Se concluye que el paiche recupera su crecimiento, cuando es alimentado con pescado *ad libitum* ó al 8% de su peso corporal.

Introducción

El paiche, posee un gran potencial para cultivo en forma intensiva debido a que se reproduce en cautiverio y tiene un rápido crecimiento, alcanzando pesos de 10 kg/año, (Bard & Imbiriba, 1986; Imbiriba, 2001).

La aceptación de raciones peletizadas, confirma el excelente potencial que tiene esta especie para su producción intensiva (Honczaryk & Maeda, 1998; Padilla *et al.*, 2002).

Los estudios de nutrición son básicos para promover el cultivo del paiche en ambientes controlados.

Este trabajo tiene como objetivo fundamental verificar el crecimiento compensatorio de alevinos de paiche *Arapaima gigas*, en ambientes controlados.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones del IIAP en Quistococha. Fueron utilizados sesenta alevinos de paiche que se retrasaron en su crecimiento, de un lote mayor, en la etapa de pre cría, con la finalidad de verificar si logran recuperarse y alcanzar al otro grupo. Se inició el experimento con ejemplares de 31 cm y 190.6 g, de longitud y peso promedio, respectivamente, los que fueron distribuidos en 12 tanques de 1.60 x 0.80 x 0.90 m, a una densidad de 5 peces por tanque. La evaluación del crecimiento fue por ocho semanas, utilizando cuatro tipos de alimentación: T1, pescado al 5 %; T2, pescado al 8%; T3, dieta + pescado al 5% y T4, pescado *ad libitum*. La dieta artificial utilizada tuvo un nivel proteico del 50%. Los peces fueron alimentados tres veces al día a excepción de los que consumían *ad libitum*. Una vez iniciado el experimento, se realizaron muestreos semanales para registrar el crecimiento de los peces y reajustar la ración ofrecida de acuerdo a la biomasa de la población.

La tasa específica de crecimiento se calculó, usando la ecuación de Vazzoler, 1996:

$$TEC = \frac{\ln W_f - \ln W_i}{T_f - T_i}$$

Donde, ln: Logaritmo natural; Wf: Peso final; Wi: Peso inicial; Tf: Tiempo final de cultivo; Ti: Tiempo inicial de cultivo.

La conversión alimenticia aparente (CAA), fue calculada de acuerdo a la ecuación propuesta por Tresierra & Culquichicón (1993):

CAA= Cantidad de alimento ofrecido/Peso ganado

El porcentaje de sobrevivencia (% S), se calculó de acuerdo a la ecuación propuesta por Tresierra & Culquichicón (1993):

% S = N° peces cosechados/N° de peces sembrados x 100

La calidad del agua fue monitoreada a través de mediciones diarias de la temperatura, oxígeno disuelto, pH y quincenalmente, se evaluó amonio y dióxido de carbono (CO₂).

En el diseño experimental se utilizó una matriz de W = 4 x 3, con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento, de acuerdo a Banzatto & Kronka (1989). Los datos obtenidos, fueron analizados a través de ANOVA en el programa Instat 2, con la finalidad de determinar las diferencias significativas entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Calidad del Agua

La temperatura del agua durante el estudio presentó un valor promedio de $26.6 \pm 0.22^\circ\text{C}$, el pH fluctuó entre 6.2 a 6.7. Los niveles de oxígeno disuelto fluctuaron entre 4.7 a 6.9 ± 0.24 mg/l, los niveles de amonio estuvieron en un promedio de 0.2 ppm y CO_2 en 3 ppm.

La longitud y el peso de los ejemplares al final del experimento presentaron valores significativamente diferentes entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los paiches alimentados con pescado *ad libitum* alcanzaron longitudes y pesos significativamente diferentes en relación a los demás tratamientos. (Tabla 1).

Tabla 1. Longitudes/pesos; T.E.C.; C.A.A., Supervivencia al final del experimento

Variables	T1	T2	T3	T4
Longitud (cm)	37.0 ± 0.8^a	37.5 ± 0.8^a	37.1 ± 0.2^a	41.0 ± 0.7^b
Peso (g)	387 ± 34^a	413 ± 27^a	413 ± 14^a	570 ± 35^b
T.E.C.	1.08	1.24	1.69	1.65
C.A.A.	2.5:1	1.8:1	1:1	1.3:1
Supervivencia (%)	100.00	93.30	100	100

Los datos indican promedio \pm DSM. Valores con diferente superíndice son diferentes ($p < 0.05$). T.E.C. = Tasa específica de crecimiento; C.A.A = Conversión alimenticia aparente

Crecimiento en longitud

Los peces alimentados con pescado *ad libitum*, ganaron mayor longitud alcanzando en 8 semanas un promedio de 41 cm, mientras los ejemplares que consumieron pescado 5%, pescado 8% y dieta 2.5% + pescado 2.5%, alcanzaron longitudes menores. Tabla 1. El ANOVA muestra diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$).

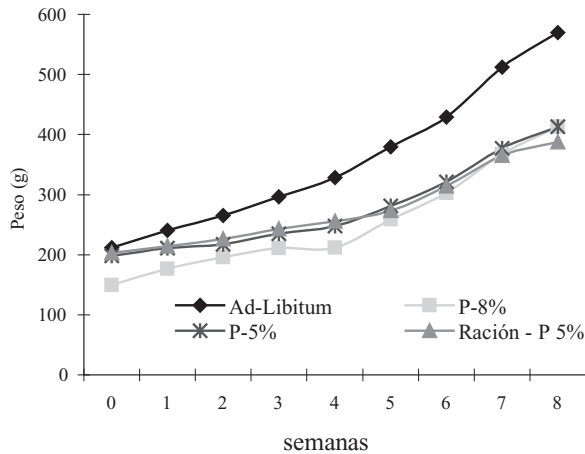


Figura 1. Crecimiento en peso de los ejemplares de paiche durante el experimento.

Crecimiento en peso

Los peces alimentados con pescado *ad libitum*, la ganancia de peso fue de 5.96 g/día, con un peso promedio de 569.9 g al final del experimento y que fue superior a la ganancia en peso diario de los peces que consumieron pescado al 8% (4.40 g/día), pescado 5% (3.64 g/día) y dieta + pescado 5% (3.07 g/día), llegando a obtener en los últimos tres tratamientos pesos menores a los 415 g (Tabla 1 y figura 1). El ANOVA muestra diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Tasa Específica de Crecimiento y Conversión Alimenticia Aparente

La tasa específica de crecimiento fue mayor en los peces alimentados con pescado 8% (1.69) y pescado *ad libitum* (1.65), con conversión alimenticia de 1:1 y 1.3:1 respectivamente. Menores valores de tasa específica de crecimiento se registraron en los peces que consumieron dieta 2.5% + pescado 2.5% (1.08), con una mayor conversión alimenticia (2.5:1), resultados que son similares a los reportados por Padilla *et al.* (2003).

Sobrevivencia

La tasa de sobrevivencia total durante el experimento fue de 98.3%, obteniéndose porcentajes de 100% en los peces alimentados con pescado *ad libitum*, pescado 8% y dieta + pescado 5%.

Referencias

- Banzatto, D. A.; Kroka, S. 1989. Experimentação Agrícola. Departamento de Ciências Exatas. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. UNESP. Jaboticabal. SP. 247 p.
- Bard, J.; Imbiriba, E. P. (1986). Piscicultura de pirarucu, *Arapaima gigas*. Belém: EMBRAPA-CPATU. Circular Técnica, 52. 17 p.
- Imbiriba, E. P. 2001. Potencial da criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. *Acta Amazonica*, 31(2): 299-316.
- Honzaryck, A.; Maeda, L. 1998. Crescimento do pirarucu *Arapaima gigas*, utilizando dietas a base de ensilado biológico de pescado. In: Anais do Congresso Sul Americano de Aqüicultura. Recife, PE, Brasil. p. 93-100.
- Padilla, P.; Aldea, M.; Alcántara, F. 2002. Adaptación de paiche *Arapaima gigas* al alimento artificial. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Libro de Resúmenes de la Reunión de Limnología Neotropical «Neolimnos».
- Padilla, P.; Ismiño, R.; Alcántara, F.; Tello, S. 2003. Producción y manejo de alevinos de paiche en ambientes controlados. Seminario Taller Internacional de Manejo de paiche o Pirarucu. Iquitos, Perú. p. 125-141.
- Tresierra, A.; Culquichicón, Z. 1993. Biología Pesquera. 1^{ra} ed. Edit. Libertad EIRL. Trujillo-Perú. 432 p.
- Vazzoler, A. 1996. Biología da Reprodução de Peixes Teleósteos: Teoría e prática. Maringa, Universidade Estadual de Maringa. 169 p.

Produção intensiva de pirarucu, *Arapaima gigas*, na Amazônia central: gargalos e perspectivas para a aqüicultura

Rodrigo Roubach¹, Manoel Pereira-Filho¹, Eduardo Akifumi Ono¹, Elizabeth Gusmão Affonso¹, Daniel Rabello Ituassú¹, Bruno Adan Sagratzki Cavero², André Bourdinhon¹, Flavio Augusto Fonseca¹, Jimmy Carlos Campos Cedano³, Érica da Silva Santiago Nunes¹, Jaqueline Inês Alves de Andrade¹, Glauber C. de Menezes¹, Renato Soares¹, Elenice M. Brasil¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Coordenação de Pesquisas em Aquicultura (CPAQ), Av. André Araújo, 2936, CP 478, CEP 69083-000, Manaus, AM, Brasil
e-mail: roubach@inpa.gov.br

²UFAM, Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Pesqueiras, Av. Gal. Rodrigo O. J. Ramos, 3000, CEP 69077-000, Manaus, AM, Brasil
e-mail: basc@ufam.edu.br

³ Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Iquitos, Perú

Palavras-chave: Pirarucu, piscicultura, peixe carnívoro, criação.

Resumo

Para o desenvolvimento da criação intensiva de pirarucu na região norte do Brasil, resultados promissores tem sido conseguidos em algumas áreas, entre essas: 1) intensificação da produção de juvenis através da transferência de larvas para o manejo alimentar intensivo, com o uso de treinamento alimentar; 2) avaliação dos requerimentos nutricionais e desenvolvimento/adaptação de diferentes metodologias para o avanço nos estudos da nutrição da espécie.

Introdução

O pirarucu, *Arapaima gigas*, é uma espécie Amazônica de alto valor comercial e de crescente interesse pelos piscicultores na região Norte do Brasil e vem despertando o interesse de diversos outros países além da sua área geográfica de ocorrência natural. Segundo Ono *et al.* (2003), o pirarucu pode ser condicionado a

aceitar ração extrusada, alcança 10 kg de peso no primeiro ano de criação (Imbiriba, 2001) e suportam elevadas densidades de estocagem (Cavero *et al.*, 2003), características desejáveis para a piscicultura. Frente aos problemas enfrentados pelo pirarucu, que é considerado uma das espécies prioritárias para o desenvolvimento da aqüicultura na região Norte (Queiroz *et al.*, 2004) faz-se necessário desenvolver as suas técnicas de cultivo. Com isso, as informações sobre os diversos aspectos de sua criação em regimes intensivos são necessárias, porém ainda extremamente escassos, apesar do esforço de pesquisa sobre a espécie nos últimos cinco anos. Entre as informações básicas para a produção econômica dos peixes estão as suas necessidades nutricionais básicas, dentre as quais está o atendimento à demanda de proteína e ao balanço entre a energia e a proteína, demandas de vitaminas e aspectos para o manejo de sua reprodução controlada em cativeiro. Trabalhos recentes realizados por nosso grupo de pesquisa no INPA em Manaus têm desenvolvido algumas pesquisas visando elucidar melhor alguns aspectos da criação da espécie, entre esses o manejo nutricional da espécie, com relação a níveis ideais de proteína para juvenis, fontes alternativas (origem vegetal) de proteína, tolerância a compostos nitrogenados na água em ambientes confinados, resposta enzimática digestiva durante o treinamento alimentar, uso de enzimas digestivas exógenas (amilase, lípase e protease) na ração sobre o desempenho de juvenis de pirarucu, balanço de proteína e energia, fontes de energia, e suplementação de vitaminas C e E, além do aperfeiçoamento do protocolo de treinamento alimentar, desenvolvimento e avaliação de metodologias para avaliar o efeito de amilase exógena e farinha de trigo cozida na digestibilidade das rações. Portanto, esse trabalho resume alguns dos principais resultados alcançados envolvendo o manejo alimentar na produção de juvenis, procurando assim eliminar os gargalos e gerar novas perspectivas para o manejo intensivo da aqüicultura na região amazônica.

Metodologia

Juvenis de pirarucu, com peso médio inicial entre 1,5 e 20 g foram adquiridos de diferentes produtores. Para os experimentos da resposta enzimática digestiva durante o treinamento alimentar foram testados dois tipos de alimentos vivos como tratamentos, náuplios de *Artemia* sp. e uma mistura de zooplâncton (predominância de copépoda e cladóceras). Para a determinação do perfil das enzimas digestivas, os peixes foram sacrificados 6 peixes de cada lote em dias alternados, através de choque térmico. Sendo os tratos digestórios dos peixes divididos em estômago e intestino para determinação da protease ácida e alcalina, respectivamente. A determinação das atividades de protease, lípase e amilase nos extratos obtidos dos

tratos digestórios dos juvenis de pirarucu foram determinadas espectrofotometricamente por «end point» e expressos em UI/mg de proteína. No experimento da relação energia/proteína e fontes de energia foi através de delineamento fatorial 4x2, foram testados quatro relações entre energia e proteína (E:P) e duas fontes de energia não protéica. Os juvenis de pirarucu foram distribuídos em 24 tanques circulares de fundo cônico com volume de 80 L de água cada, com 10 peixes com peso inicial de $96,8 \pm 2,35$ g (média \pm DP), alimentados duas vezes ao dia (08:00 e 15:00h) até a saciedade aparente, com as rações experimentais. As rações testadas possuíam quatro relações entre energia e proteína (11,1; 10,1; 9,0; 8,0 kcal/g proteína, com níveis de proteína bruta (PB) de 36, 40, 44 e 48%, respectivamente) e duas fontes de energia, uma vegetal (óleo de soja) e outra animal (gordura de aves), totalizando 8 rações experimentais, sendo cada tratamento com três repetições. Para a avaliação da influência de diferentes concentrações de vitaminas C e E nas respostas fisiológicas do pirarucu foram utilizados 315 peixes (± 120 g) em 7 tratamentos, com 3 réplicas: controle (ração comercial), C500, C800, C1200, E500, E800 e E1200 com suplementação de 500, 800 e 1200 mg/kg de vitamina C e E respectivamente, distribuídos em 21 grupos de 15 peixes em cada tanque de fibra de vidro de 500 L. Após 2 meses, foram feitas biometria e análises hematológicas dos peixes. E em outro experimento juvenis de pirarucu ($522 \pm 43,08$ g) mantidos por 45 dias em 12 tanques-rede de 1-m³ (12 peixes cada), onde foram testados 4 tratamentos: controle (ração comercial com 40 % de proteína bruta); C800; E500 e C+E(800+500) com suplementação de 800, 500 e 800+500 mg/kg de vitamina C, E e C+E respectivamente. Para o trabalho da avaliação do efeito da adição das enzimas digestivas exógenas amilase, lipase e protease na ração foi realizado em duas fases distintas. Na primeira fase foram testados três níveis de inclusão das enzimas: amilase, lipase e protease, sendo cada uma em três níveis distintos: 0, 0,1; 0,2 e 0,4%, em delineamento inteiramente casualizados. Na segunda fase foi testada a combinação dos melhores níveis de inclusão enzimática da primeira fase (lipase 0,1% e protease 0,1%). Em experimento com esquema fatorial de 2x2. Para o teste das metodologias na avaliação do efeito de amilase exógena e farinha de trigo cozida na digestibilidade das rações, as rações foram coletadas através de dois métodos: dissecação e na água, através de um experimento com design fatorial «two-way» com quatro rações experimentais (ração sem amilase e com farinha de trigo crua – T1; ração sem amilase e com farinha de trigo cozida – T2; ração com amilase e com farinha de trigo crua – T3; ração com amilase e com farinha de trigo cozida – T4).

Resultados e Discussão

Como já demonstrado em trabalhos anteriores, pirarucu pode ser treinado para ingerir alimentos inertes (ração) após um treinamento alimentar em menos de cinco dias através do uso de zooplâncton na transição para rações secas, e nesse experimento comprovamos que a atividade lipolítica e proteolítica apresentam um gradiente positivo durante esse treinamento alimentar. No experimento da relação energia/proteína as dietas com a relação E:P de 9,0 kcal/g resultaram no melhor ganho de peso médio diário, enquanto as dietas com a relação E:P de 8,0 kcal/g proporcionaram a melhor conversão alimentar aparente (Tabela 1). Os demais parâmetros medidos não indicaram diferença significativa entre as relações energia e proteína testadas ($p > 0,05$). E a gordura de aves proporcionou melhor desempenho zootécnico que o óleo de soja como fonte de energia não protéica na dieta de juvenis de pirarucu. A relação ótima de E:P de 8,0 kcal/g proteína também foi encontrada por Sampaio *et al.* (2000) em dietas para juvenis de tucunaré (*Cichla* sp.), que assim como o pirarucu é um peixe de hábito alimentar carnívoro nativo da Amazônia. Com base no perfil fisiológico do pirarucu, os resultados com a suplementação com 800 e 1200 mg/kg de vitamina C na ração são, provavelmente, as concentrações mais adequadas para a dieta do pirarucu. Entretanto, altas concentrações de vitamina E não mudaram o perfil fisiológico desta espécie. Já os pirarucus dos tanques-rede dos tratamentos C800 e C+E tiveram valores de Ht, [Hb], RBC, HCM, CHCM, glicose e leucócitos totais significativamente elevados ($p < 0,05$) em relação ao controle e àqueles do tratamento E500. Dos parâmetros analisados no tratamento E500, somente a glicose plasmática apresentou valores significativamente elevados ($p < 0,05$) em relação ao controle. Os resultados do efeito da adição das enzimas digestivas exógenas na primeira fase para protease e lipase na ração no desempenho dos peixes foi estatisticamente significativo ($p < 0,05$) com relação ao controle. Na segunda fase foi verificada a mesma tendência, entretanto as interações dos tratamentos não apresentaram nenhuma vantagem sobre a inclusão de lipase e protease isoladamente. As enzimas digestivas exógenas lipase e protease, quando adicionadas à ração, possuem efeito positivo no desempenho zootécnico de juvenis de pirarucu. Para a avaliação da digestibilidade o tratamento T3 apresentou a menor digestibilidade (fezes coletada por dissecção) enquanto que o T4 apresentou a melhor digestibilidade (fezes coletada na água) (Figura 1). No entanto ambos os métodos de coleta apresentaram resultados semelhantes.

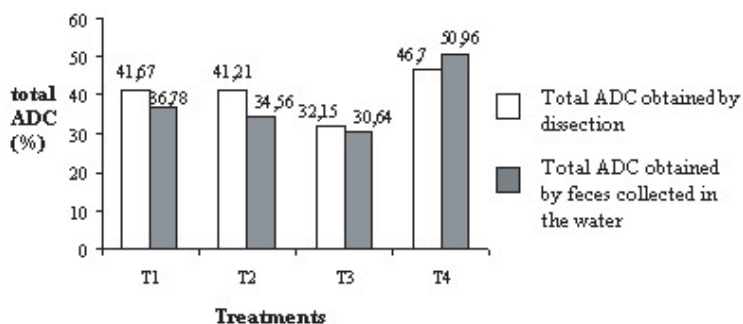


Tabela 1. Índices de desempenho zootécnico: ganho de peso diário (GPD), taxa de eficiência protéica (TEP), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de crescimento específico (TCE), consumo médio de ração individual (CMRI) e taxa de sobrevivência (TS) de juvenis de pirarucu, *A. gigas*, alimentados durante 45 dias, com dietas experimentais com quatro relações entre energia e proteína.

Parâmetros	Relação energia:proteína (kcal/g)			
	11,1(36 % PB)	10,1(40 % PB)	9,0(44 % PB)	8,0(48 % PB)
GPD (%)*	2,75 ± 0,23 a	2,97 ± 0,21 a	3,11 ± 0,24 b	3,02 ± 0,17 a
TEP	3,17 ± 0,28 a	3,31 ± 0,44 a	2,92 ± 0,47 a	2,86 ± 0,14 a
CAA	0,94 ± 0,15 a	0,79 ± 0,09 a	0,77 ± 0,14 a	0,74 ± 0,08 b
TCE	2,24 ± 0,25 a	2,41 ± 0,16 a	2,51 ± 0,17 a	2,45 ± 0,13 a
CMRI	148,6 ± 12,4 a	143,9 ± 10,3 a	159,9 ± 11,9 a	141,9 ± 7,0 a
TS (%)	0,97 ± 0,05 a	0,93 ± 0,08 a	0,93 ± 0,08 a	0,93 ± 0,08 a

* Valores nas linhas com a mesma letra não diferem entre si ($p < 0,05$).

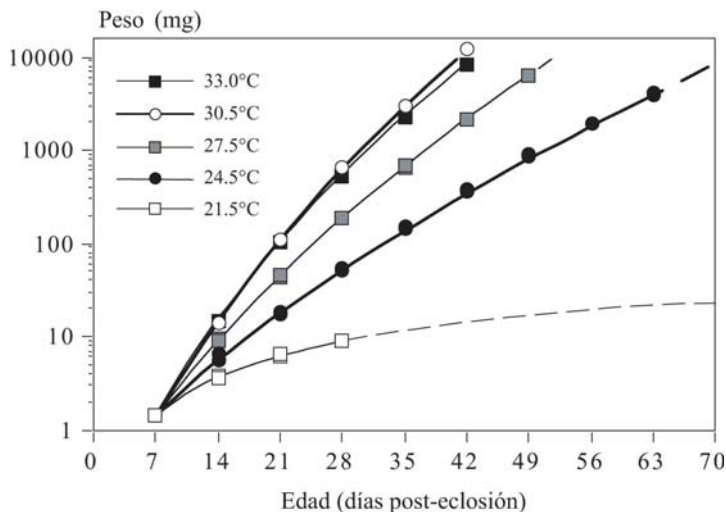


Figura 1. Total apparent digestibility coefficient (total ADC) and energy digestibility (ADC energy), obtained by feces of pirarucu collected in the water and by dissection.

Agradecimentos

Ao apoio financeiro através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq/MCT/Brasil e Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas/FAPEAM. RR e MPF são pesquisadores bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq.

Referências

- Cavero, B. A. S.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Ituassú, D. R.; Gandra, A. L.; Crescêncio, R. 2003. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu, em ambiente confinado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 103-107.
- Imbiriba, E. P. 2001. Potencial da criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. *Acta Amazonica*, 31: 299-316.
- Ono, E. A; Roubach, R.; Pereira-Filho, M. 2003. Pirarucu production - Advances in Central Amazon, Brazil. *Global Aquaculture Advocate*, 6: 44-46.
- Queiroz, J. F.; Lourenço, J. N. P.; Kitamura, P. C.; Scorvo-Filho, J. D.; Cyrino, J. E. P.; Castagnolli, N.; Valenti, W. C.; Bernardino, G. 2004. Aquaculture in Brazil: Research Priorities and Potential for Further International Cooperation. *Aquaculture Magazine*, 35: 45-50.
- Sampaio, A. M. B. M., Kubitzka, F.; Cyrino, J. E. P. 2000. Relação energia: proteína na nutrição do tucunaré. *Scientia Agrícola*, 57: 213-219.

Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana (*Colossoma macropomum*)

Fred William Chu-Koo¹, Christopher Kohler²

¹Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Programa de Ecosistemas Acuáticos. Carretera Iquitos-Nauta Km. 4.5, Iquitos, Perú
e-mail: fchuk20@yahoo.com

²Fisheries and Illinois Aquaculture Center. Southern Illinois University Carbondale
e-mail: ckohler@siu.edu

Palabras clave: gamitana, dieta, ingredientes, digestibilidad, crecimiento

Resumen

Se evaluó el uso de yuca, plátano y pijuayo en dietas para gamitana. Se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la materia seca, proteínas y lípidos de estos insumos así como sus efectos en el crecimiento de los peces. Los valores de CDA del pijuayo y la ganancia de peso de los peces alimentados con este fruto fueron superiores a los otros tratamientos ($P < 0.05$). Por su digestibilidad y buen desempeño de los peces alimentados con este fruto, concluimos que el pijuayo podría ser un excelente sustituto del trigo en dietas para gamitana.

Introducción

Considerando que la alimentación compromete hasta el 60% de los costos de producción en acuicultura, numerosos esfuerzos han sido dedicados para reducir los costos de formulación utilizando insumos más baratos (Adelizi *et al.*, 1998). La FAO (1990) recomienda desarrollar dietas con insumos locales que puedan suplir los nutrientes que se obtienen de insumos importados, los cuales deberían ser destinados para consumo humano y sugiere el uso de la yuca, y el plátano como potenciales ingredientes a ser usados en la formulación de dietas para animales. La yuca *Manihot sculenta* es usada como insumo alternativo al maíz y al arroz en dietas para peces amazónicos (Alcántara & Colace, 2001). El plátano *Musa paradisiaca*, es utilizado en raciones para piscicultura de pequeña escala en

Sudamérica y del mismo modo, el pijuayo *Bactris gasipaes*, que produce un fruto que se utiliza primordialmente para el consumo humano (Clement, 1995), es también utilizado en raciones para peces (Mori *et al.*, 1999).

En el presente trabajo se determinaron los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, proteínas, y grasas, así como el efecto del uso de las harinas de yuca, plátano y el pijuayo en el crecimiento de la gamitana (*Colossoma macropomum*), con el fin de evaluar la factibilidad de usar estos insumos locales como substitutos del trigo en la región amazónica.

Materiales y Métodos

Determinación de los CDA de la materia seca, proteínas, y lípidos de las harinas de yuca, plátano y pijuayo.

Sesenta alevinos de gamitana (61.1 ± 16.9 g) fueron sembrados de forma aleatoria en grupos de cinco individuos en 12 acuarios de 110 l. Se trabajó en un sistema de recirculación con un flujo de agua de 30 l/min. La temperatura del agua, el oxígeno disuelto, amonio, nitrito, pH y alcalinidad fueron monitoreados constantemente durante el estudio. Cuatro dietas fueron elaboradas y asignadas al azar por triplicado (ver Tabla 1).

Los peces fueron alimentados por 5 días, seguidos por un periodo de colecta de heces de 7 días. Para la colecta fecal, los peces fueron alimentados *ad libitum* dos veces por día. Las heces fueron colectadas luego de 12 a 14 h de haberse efectuado la segunda alimentación. Las muestras diarias de cada réplica fueron secadas en una estufa convencional a 65°C por 6 h y congeladas para su posterior análisis. La materia seca fue determinada secando muestras triplicadas a 135°C por 3 h en una estufa de precisión. La proteína se determinó utilizando el método de Kjeldahl, lípidos por el método de Folch y el cromo por absorción atómica.

Se utilizó el óxido crómico como marcador interno y la digestibilidad de los nutrientes en cuestión (proteínas, lípidos y material seca), fue determinada por la siguiente fórmula:

Coeficiente de Digestión (CD)

$$CD = 100 - \frac{(100 \% \text{ marcador en la dieta}) (\% \text{ nutriente en heces}) \text{ del Nutriente}}{(\% \text{ marcador en heces}) (\% \text{ marcador en dieta})}$$

Los CDA de un determinado nutriente en cada insumo estudiado fueron calculados usando la siguiente expresión:

$$\text{CDA} = 100/30 (\text{CD de la dieta en evaluación} - 70/100 * \text{CD de la dieta referencia})$$

Donde: CD = coeficiente de digestibilidad

Tabla 1. Formulación de las dietas para la determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente en gamitana (*C. macropomum*) – Las cantidades están expresadas como gramos en 2 kilogramos de dieta.

Ingredientes	Dieta # 1 Referencia	Dieta # 2 Plátano	Dieta # 3 Yuca	Dieta # 4 Pijuayo
Harina de Pescado	200.0	140.0	140.0	140.0
Torta de Soya	520.0	364.0	364.0	364.0
Maíz	600.0	420.0	420.0	420.0
Salvado de Trigo	540.0	378.0	378.0	378.0
Premix Vitamínico ^a	20.0	14.0	14.0	14.0
Premix Mineral ^b	20.0	14.0	14.0	14.0
	20.0	14.0	14.0	14.0
Oxido crómico	80.0	56.0	56.0	56.0
Aceite de Soya	0.0	600.0	600.0	600.0
Insumo evaluado				
Humedad (%)	10.3	9.6	11.5	10.7
Materia seca (%)	89.7	90.4	88.5	89.3
	27.7	20.2	20.7	20.2
Proteína (% de MS)	7.5	5.3	7.4	8.9

^a, ^b Tomado en base a Fernández *et al.* (2004)

Efecto de las harinas de yuca, plátano y pijuayo en el crecimiento de gamitana. El estudio fue conducido en un sistema de recirculación de 28,000 l en las instalaciones de Southern Illinois University Carbondale (EE.UU.). Un total de 336 juveniles de gamitana (86.9 ± 6.4 g) fueron divididos en grupos de 28 individuos y colocados en 12 tanques de manera aleatoria. Los peces fueron alimentados 7 días de la semana a una tasa del 3% de su biomasa. Las raciones fueron reajustadas quincenalmente. El estudio tuvo una duración de 45 días. La composición de las dietas utilizadas se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Formulación de la dieta referencia y las tres dietas experimentales para evaluar el efecto de estas en el crecimiento de gamitana. Cantidades expresadas en %.

Ingredientes	Dieta # 1 Referencia	Dieta # 2 Plátano	Dieta # 3 Yuca	Dieta # 4 Pijuayo
Harina de Pescado	9.0	9.0	9.0	9.0
Torta de Soya	35.0	30.0	30.0	30.0
Maíz	9.8	9.8	9.8	9.8
Salvado de Trigo	30.0	0.0	0.0	0.0
Premix Vitamínico ^a	0.5	0.5	0.5	0.5
Premix Mineral ^b	0.5	0.5	0.5	0.5
Aceite de Soya	3.0	3.0	3.0	3.0
Vitamina C (Stay C 35%)	0.2	0.2	0.2	0.2
Insumo evaluado	0.0	30.0	30.0	30.0
Humedad (%)	10.3	10.6	10.9	12.4
Materia seca (%)	89.7	89.4	89.1	87.6
Proteína (% de MS)	31.8	27.5	27.0	28.1
Lípidos (% de MS)	6.5	5.3	5.1	9.7
Cenizas	7.9	6.4	6.9	6.8
Energía Digerible (kcal/kg)	2540.0	2930.0		2938.0

Además de la ganancia en peso, se evaluaron las siguientes variables:

$$\text{Tasa de Crecimiento Específico} = \frac{(\ln \text{ peso final del pez} - \ln \text{ peso inicial del pez}) \times 100}{\text{tiempo (duración en días)}}$$

$$\text{Factor de Conversión Alimenticia (FCA)} = \frac{\text{Alimento consumido en materia seca (g)}}{\text{ganancia de peso húmedo de los peces (g)}}$$

$$\text{Tasa de Eficiencia de la Proteína} = \frac{\text{ganancia de peso húmedo de los peces (g)}}{\text{proteína consumida (g) en materia seca}}$$

Los datos obtenidos en ambos experimentos fueron analizados en el software JMP IN usando ANOVA. Los resultados están expresados como el promedio \pm el error estándar del promedio de las tres réplicas de cada tratamiento. En el caso de existir diferencias entre los tratamientos ($p < 0.05$), se efectuaron comparaciones múltiples de los promedios a través del test de Tukey.

Resultados y discusión

Los parámetros físico-químicos del agua observados durante el experimento de digestibilidad fueron: oxígeno disuelto 5.6 ± 0.4 mg/l, temperatura $27.1 \pm 0.5^\circ\text{C}$, pH 6.7 ± 0.1 , amonio 0.23 ± 0.1 ppm, nitrito 0.05 ± 0.01 ppm, y alcalinidad 48.9 ± 6.4 ppm. Los CDA de los nutrientes de cada insumo son mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes de digestibilidad aparente (%) de proteína, lípidos y materia seca de la harina de pijuayo, plátano y yuca en *C. macropomum*. Valores entre columnas que presenten diferentes letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Ingredientes	CDA (%)		
	Proteína	Lípidos	Materia seca
Harina de Pijuayo	86.53 ± 1.83^a	90.62 ± 5.78^a	95.59 ± 0.20^a
Harina de Plátano	53.91 ± 2.26^b	50.90 ± 3.86^b	0.44 ± 0.69^b
Harina de Yuca	48.26 ± 3.27^b	57.49 ± 1.70^b	991.17 ± 1.51^b

Como se aprecia en la Tabla 3, el pijuayo es un excelente candidato para ser empleado como ingrediente en dietas para gamitana. Los CDA de las proteínas y lípidos presentes en el pijuayo fueron superiores a los de la harina de yuca y de plátano. Incluso cuando comparado con la torta de soya, maíz y salvado de trigo, la digestibilidad de las proteínas y lípidos del pijuayo son superiores (Fernandes *et al.*, 2004). Mori *et al.* (1999) utilizaron harina de pijuayo como sustituto del maíz en un estudio de crecimiento de gamitana en el Brasil, concluyendo que este insumo puede sustituir completamente al maíz sin afectar el crecimiento del pez ni su composición corporal. Asimismo su abundancia natural en la Amazonía lo convierte en económicamente viable para ser usada en la piscicultura a pequeña escala.

Efecto de las harinas de yuca, plátano y pijuayo en el crecimiento de gamitana

Los parámetros de calidad de agua registrados durante el experimento fueron: oxígeno disuelto 5.59 ± 0.47 mg/L, temperatura $27.3 \pm 1.1^\circ\text{C}$, pH 6.8 ± 0.1 , amonio 0.26 ± 0.1 ppm, nitrito 0.05 ± 0.01 ppm, y alcalinidad 50.4 ± 9.8 ppm. La sobrevivencia de peces durante el experimento fue del 100%. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos al final del periodo de experimentación.

Tabla 4. Crecimiento de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum* alimentados con una dieta control y tres dietas experimentales durante 45 días (promedio \pm error estándar). Valores que comparten la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$) de acuerdo al test de Tukey. PI (peso inicial), PF (peso final), GP (ganancia de peso), GPP (ganancia porcentual de peso), TCE (tasa de crecimiento específico), TCA (tasa de conversión alimenticia), y TEP (tasa de eficiencia de la proteína).

Tratamientos	PI (g)	PF (g)	GP (g)	TCE	TCA	TEP
Dieta Control	80.6 $\pm 2.2^a$	229.4 $\pm 9.4^a$	148.9 $\pm 13.3^a$	2.09 $\pm 0.17^a$	0.33 $\pm 0.03^a$	4.68 $\pm 0.41^a$
Dieta Yuca	82.8 $\pm 4.0^a$	198.8 $\pm 2.1^a$	115.9 $\pm 9.3^b$	1.76 $\pm 0.19^a$	0.31 $\pm 0.03^a$	4.29 $\pm 0.34^a$
Dieta Pijuayo	89.6 $\pm 7.2^a$	219.6 $\pm 13.9^a$	130.0 $\pm 13.6^a$	1.8 $\pm 0.13^a$	0.31 $\pm 0.03^a$	4.63 $\pm 0.48^a$
Dieta Plátano	86.9 $\pm 4.1^a$	203.6 $\pm 2.7^a$	116.7 $\pm 8.8^b$	1.71 $\pm 0.1^a$	0.33 $\pm 0.00^a$	4.24 $\pm 0.32^a$
Valor P	0.5659	0.0728	0.025	0.0863	0.1195	0.4564

No se observó diferencias significativas en el peso promedio final de los peces según ANOVA ($p > 0.05$). Sin embargo, se observaron diferencias significativas en la ganancia de peso de los peces en las dietas evaluadas ($p < 0.05$). El test de Tukey reflejó que la ganancia de peso de los peces alimentados con la dieta pijuayo fue significativamente superior a los peces alimentados con las dietas conteniendo yuca y plátano. Los valores de TCE obtenidas son en algunos casos superiores a otros estudios realizados en esta especie. Roubach and Saint-Paul (1993) obtuvieron valores de crecimiento diario que variaban entre 0.80, 0.98, 1.26, and 2.53 g/día en juveniles de gamitana alimentados con semillas de shiringa *Hevea* spp., arroz silvestre *Oryza* spp., punga *Pseudobombax munguba*, y una dieta control de 35% de PB en un ensayo de 42 días. Ximenes-Carneiro (1991) y Padilla (1995) obtuvieron tasas de crecimiento específico de 0.52 y 0.53 g/día, para gamitana alimentada con dietas conteniendo ensilado biológico. La conversión alimenticia en el presente estudio son buenos si comparados a los obtenidos por Roubach & Saint-Paul (1993) en un estudio similar cuyos valores variaban entre 1.8 (control) y 8.9 (para dietas a base de semillas de *Hevea* spp.).

Los resultados indican claramente que la harina de pijuayo es la mejor de las alternativas entre los tres insumos evaluados siendo que los peces alimentados con este insumo se desempeñaron igual a aquellos alimentados con la ración control. Este es un resultado interesante que sugiere que el pijuayo puede efectivamente reemplazar al trigo en dietas formuladas para el crecimiento de *Colossoma macropomum* sin comprometer el desarrollo del pez. Por lo tanto, debido a los excelentes CDA de proteína, materia seca y lípidos registrados, sumados al excepcional desempeño de los peces alimentados con la harina de pijuayo, concluimos que este insumo es la mejor de las alternativas entre los tres insumos evaluados en este estudio y se recomienda su utilización en dietas para gamitana y posiblemente pueda aplicarse en otras especies.

Referencias

- Adelizi, P. D.; Rosati, R. R.; Warner, K.; Wu, Y. V.; Muench, T. R.; White, M. R.; Brown, P. B.. 1998. Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*, 4: 255-262.
- Alcántara, F. B.; Colace, M. B.. 2001. Piscicultura, seguridad alimentaria y desarrollo en la carretera Iquitos-Nauta y el río Tigre. Valorando y preservando nuestros peces amazónicos. Ed. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.
- Araújo-Lima, C. A. R. M.; Goulding, M.. 1997. So Fruitful a Fish: Conservation and Aquaculture of the Amazon's Tambaqui. Columbia University Press, New York City.
- Clement, C. R. 1995. Pejibaye *Bactris gasipaes* (Palmae). In Smartt, J.; Simmonds, N. W. (Eds.). Evolution of crop plants, 2nd Ed. Longman, London. p. 383-388.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1990. Root, tubers, plantains, and banana in human nutrition. Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.
- Fernandes, J. G. K.; Lochmann, R.; Alcántara, F. 2004. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachypomus*. *Journal of World Aquaculture Society*, 35(2): 237-244.
- Mori-Pinedo, L. A.; Pereira-Filho, M.; Oliveira-Pereira, M. I. 1999. Substituição do fubá de milho (*Zea mays*, L) por farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*, H. B. K) em rações para alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818). *Acta Amazonica*, 29(3): 447-453
- Padilla, P. P. 1995. Influência do ensilado biológico de peixe e do peixe cozido no crescimento e composicao corporal de alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818). Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Brazil.
- Roubach, R.; Saint-Paul, U. 1994. Use of fruits and seeds from Amazonian inundated forests in feeding trials with *Colossoma macropomum* (Cuvier 1818) (Pisces, Characidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 10: 134-140

Ximenes-Carneiro, A. R. 1991. Elaboração e uso do ensilado biológico de pescado na alimentação de alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomum*, (Cuvier 1818). Tesis de Maestría. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Brasil.

Interacciones entre la temperatura, el tamaño, el crecimiento y la homogeneidad de tamaño en las larvas y juveniles del Paco *Piaractus brachypomus*

Etienne Baras^{1,2}, Edgard Fabricio Flores²

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET, BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail: etienne.Baras@mpl.ird.fr

² ULg, CEFRA, Chemin de la Justice 10, B-4500 Tihange, Belgique
e-mail: floresysla@yahoo.es

Palabras Claves: Temperatura, Crecimiento, Ontogenía, Adaptación, *Piaractus*

Resumen

La temperatura óptima para el crecimiento (T°_{opt}) varía de 31.8°C en las larvas de 2mg a 31.2°C en los juveniles 2g de *Piaractus brachypomus*. Los peces mantenidos a una temperatura cerca de T°_{opt} mostraron la homogeneidad más grande de tamaño ($CV_p = 53\%$ a 2g) y alta supervivencia (81.3% de 10 mg a 2g). Comparado a especies tropicales y subtropicales, el *P. brachypomus* muestra una variación ontogénica más baja de T°_{opt} y un mayor grado de stenotermia, lo que sugiere fuertemente una base latitudinal para estos rasgos esenciales de la biología térmica de los peces.

Introducción

La temperatura gobierna la propensión de forrajear, la toma de comida y la eficacia de los procesos digestivos, y así el crecimiento en peces. La temperatura óptima para el crecimiento de los peces (T°_{opt}) varía entre las regiones geográficas y entre las etapas de la vida de una especie particular (Jobling, 1994). Las interacciones entre la temperatura, el tamaño del cuerpo, el crecimiento, la heterogeneidad de tamaño y la supervivencia han sido evaluadas en algunas especies de peces, de las cuales muy pocas de regiones tropicales, y ninguna de la cuenca amazónica. Conocer estas interacciones es esencial para entender la evolución de las especies y

su adaptación a los cambios ambientales futuros, y para adquirir los conocimientos prácticos para su cultivo (Baras *et al.*, 2002; Baras & Daffé, sometido). Este estudio apuntó investigar estas relaciones en una especie puramente ecuatorial, el carácido, *Piaractus brachypomus*, en el cual los adultos son reconocidos como altamente sensibles a las frialdades o a los cambios de la temperatura repentinos en los ambientes de cultivo. Prácticamente no se sabe nada sobre la biología térmica de sus jóvenes.

Metodología

Embriones de origen idéntico de *P. brachypomus* fueron obtenidos por reproducción artificial con progenitores en cautiverio criados en el Centro de Investigación en Acuicultura de la Universidad de Lieja (Bélgica), utilizando extractos hipofisarios de carpa (10 mg / kilogramo) para inducir la maduración final de las hembras. Los huevos eclosionaron 18 horas después de la fecundación a 27°C. Los embriones (3.8 milímetros en longitud total [LT] al nacimiento) no comenzaron la alimentación exógena antes de 120 h post-eclosión. (de aquí en adelante, PE), poco antes de que agotaran completamente su vitelo. Los experimentos comenzaron cuando la proporción de peces que alimentan era cerca del 100% (7 d PE, 6.2 mm LT, 1.45 mg, coeficiente de variación del peso corporal: $CV_p = 14.2\%$). Los peces fueron criados en acuarios de 50-L en un sistema de agua reciclada con luz 12L:12D (intensidades de 80 y < 0.01 lux, respectivamente), con una densidad de 5 peces por litro, y en cinco temperaturas diferentes (21.5, 24.5, 27.5, 30.5 y 33°C), con dos réplicas por temperatura. Las diferentes temperaturas fueron obtenidas equipando los acuarios de una o dos resistencias de 300 W acopladas a un termóstato, y con la adjunción del agua fría (17°C) cuando era necesario. La temperatura del agua fue medida tres veces al día en cada acuario.

Hasta que lograron un peso corporal de por lo menos 100 mg, las larvas fueron alimentadas con nauplii de *Artemia* (contenido proteínico crudo de 56%, CPC). Después de eso, se realizó el destete con un alimento balanceado (Nippai SeaBream, de 56% CPC) luego las larvas fueron alimentadas exclusivamente con balanceado a partir de 250 mg. Independientemente del tipo de alimento, los peces fueron alimentados *ad libitum* cada dos horas durante las horas de la luz. Los peces muertos fueron contados dos veces al día, asumiendo que los cuerpos truncados correspondían a las víctimas del canibalismo incompleto. Los peces fueron cosechados y contados semanalmente para determinar supervivencia, asumiendo que

los peces que faltaban habían sucumbido al canibalismo completo. El peso corporal promedio fue deducido del peso de todos los sobrevivientes. Por lo menos 30 peces de cada acuario fueron anestesiados (2-phenoxy-ethanol, 0.4 mL / L) y pesados individualmente para determinar la heterogeneidad de tamaño, que se expresó como el coeficiente de variación del peso corporal (CV_p , %).

La variación ontogénica de T°_{opt} ha sido calculada de la manera siguiente.

1) para cada régimen termal, la relación entre el peso corporal (P) y la edad (E) fueron descritas por una función polinomial:

$$\text{Log (P)} = +_{0-n} a_i [\text{Log (E)}]^i.$$

2) para cada régimen térmico, el crecimiento C (% P / d) era calculado sobre una base diaria y comparado a W, usando el mismo principio que en (1), es decir:

$$\text{Log (C)} = +_{0-n} a_i [\text{Log (P)}]^i.$$

3) El valor de T°_{opt} correspondiente a un valor particular de P fue obtenido utilizando los valores de C modelizados en (2) para la T° . El cálculo fue repetido para una serie de valores de P sobre el intervalo de tamaño bajo estudio para describir la variación de T°_{opt} durante la ontogenia de *P. brachypomus*. Los tests exactos de Fisher fueron utilizados para comparar los índices de la mortalidad y de canibalismo. Los pesos corporales de peces de edad idéntica fueron comparados entre los regímenes térmicos con análisis de variancia (ANOVA) unidireccionales y el F-test de Scheffe para la comparación de medias. Las hipótesis nulas fueron rechazadas a $P < 0.05$.

Resultados

Efecto de la temperatura sobre la supervivencia y el canibalismo

Cinco días después de del comienzo del experimento, las larvas sufrieron una fuerte mortalidad debida a una infestación por los protozoos (*Costia sp.*), que se estabilizó después de 12h de tratamiento con formaldehído a 25 ppm.

Figura 1. Crecimiento de las larvas y juveniles de *Piaractus brachypomus* en función de la temperatura del agua. Los símbolos representan los valores experimentales (dos replicados por temperatura), las curvas representan modelos polinomiales ($R^2 > 0,99$).

La mortalidad era más variable entre las réplicas que entre los tratamientos térmicos, sugiriendo que era independiente de la temperatura, y no fue acompañada por variaciones en las tasas de crecimiento. Por lo tanto, el efecto de la temperatura sobre la supervivencia fue medido exclusivamente en peces > 10 mg, es decir el

tamaño logrado a esta edad en el tratamiento térmico mas eficiente sobre el crecimiento.

La supervivencia de *P. brachypomus* de 10 mg a 2 g ha sido casi proporcional a la temperatura del agua, es decir 0.0% a 21.5°C < 31.8% a 24.5°C < 55.9% a 27.5°C < 81.3% a 30.5°C d» 85.3% a 33°C (< corresponde a $p < 0.05$ y d» a $p \gg 0.05$; Tests exactos de Fisher).

Todos los peces criados a 21.5°C murieron antes de que lograran 10 mg y 28 d PE. Cualquiera que fuera la temperatura, el canibalismo siempre quedó en segundo lugar de las causas de mortalidad. Causó pérdidas significativamente mayores a 24.5°C (20.3%, media de los replicados) que en temperaturas más altas (4.4, 6.6 y 9.1% en 27.5, 30.5 y 33°C, respectivamente).

Efecto de la temperatura sobre la heterogeneidad de tamaño

En todas las temperaturas, la heterogeneidad de tamaño (CV_p) ha aumentado de manera curvilínea en los peces en crecimiento, y se ha estabilizado cuando los peces lograron 2-4 g. Las pendientes de las curvas y los plateaux a los cuales el CV_p se estabilizó eran dependientes en temperatura: cerca de 53% a 30.5°C, 60%

a 24.5 y 27.5°C y cerca de 62% a 33°C. El CV_p de los peces criados a 21.5°C aumentó constantemente hasta 60% a pesar de que los peces eran más pequeños que 10 mg. Estos resultados indican un efecto negativo de las temperaturas extremas, calientes o frías, en la dinámica de la heterogeneidad del tamaño en *P. brachypomus*.

Efecto de la temperatura sobre el crecimiento

Cuanto mas cálida es la temperatura dentro del rango de estudio, más rápido es el crecimiento del joven *P. brachypomus*, excepto para los peces criados a 33°C que crecen más rápidamente que los otros solamente durante la primera semana de la alimentación exógena (Fig. 1). Después de eso, los peces criados a 30.5°C recuperaron el retraso y demostraron el crecimiento más rápido. Cualquiera que sea la temperatura, no hay diferencias significativas entre las réplicas (F-test de Scheffe). Por el contrario, los pesos corporales de peces criados en diversas temperaturas fueron significativamente diferentes entre ellas a partir de 14 d PE y siguieron siendo diferentes durante el resto del experimento (a excepción de los peces criados a 30.5 y 33°C, que no se diferenciaron antes de 28 d PE y adelante). Los cinco modelos explicativos (polinomios de orden 3) entre los logaritmos de la edad y el peso corporal rindieron valores de R^2 de 0.99. Estos indican que *P. brachypomus*

lograría un peso corporal de 2 g en 35, 33, 41 y 56 d PE a 33, 30.5, 27.5 y 24.5°C respectivamente, y nunca lograrían ese tamaño a 21.5°C. Las relaciones entre los logaritmos del crecimiento y el peso corporal que fueron establecidos a partir de estos modelos (también con valores de $R^2 \gg 0.99$) permitieron calcular las variaciones ontogenéticas de T°_{opt} y de la tasa de crecimiento máxima (C_{max}) en *P. brachypomus* (Fig. 2). La T°_{opt} es de 31.8°C a 2 mg y disminuye de casi 0.17°C para un aumento de diez veces del peso corporal de los peces (orden de magnitud). El C_{max} es de casi 35 % / d a 2 mg y cae a casi 21 % / d a 2 g.

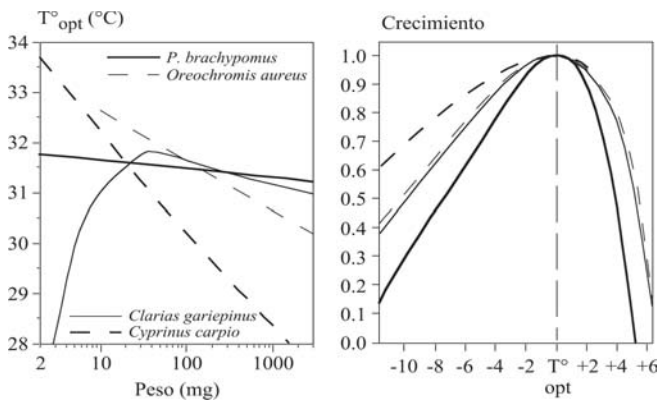


Figura 2. Variaciones ontogénicas de la T°_{opt} (izda.) y las relaciones entre temperatura y crecimiento durante las tres primeras semanas de alimentación exógena (dcha.) en *Piaractus brachypomus* y otras especies de peces con áreas de distribución geográfica o estrategias reproductivas contrastadas. En la última gráfica, la escala del crecimiento es normalizada y la escala térmica está puesta en referencia a T°_{opt} de modo a facilitar la comparación entre especies con tasas de crecimiento o valores de T°_{opt} contrastados.

Discusión y conclusión

El crecimiento de larvas de *Piaractus brachypomus* es lento (es decir no más del 35% / d en T°_{opt}) en comparación con otras especies (e.g. más de 70 % / d en *Clarias gariepinus*) pero su disminución con el aumento del peso corporal no es tan fuerte como en otras especies (e. g. a 2 g, *P. brachypomus* y *C. gariepinus* muestran tasas de crecimiento similares). Estos elementos apoyan la idea que el *P. brachypomus* tiene un alto potencial de crecimiento, lo que consolida aun más su interés para la acuicultura.

Como en el *C. gariepinus*, *Cyprinus carpio* y *Oreochromis aureus* (Baras *et al.*, 2002), criando peces a temperaturas cercanas a T°_{opt} permitieron reducir al

mínimo el canibalismo y la heterogeneidad de tamaño en *P. brachypomus*. El mecanismo funcional subyacente a estas relaciones hacen intervenir probablemente las variaciones inter-individuales de T°_{opt} , que producen eventualmente una mayor heterogeneidad del tamaño, y eventualmente un mayor riesgo de canibalismo y de la mortalidad, cuando la temperatura del agua es más lejana del valor óptimo al promedio de la población. La heterogeneidad de tamaño se eleva más rápidamente cuando las temperaturas son superiores a T°_{opt} que para las temperaturas inferiores a T°_{opt} , debido a la forma parabólica de la relación entre el crecimiento y la temperatura en peces. De un punto de vista práctico, la semejanza entre las temperaturas que maximizan el crecimiento, la supervivencia y la homogeneidad del tamaño consolidan más allá el interés de aclarar la biología térmica de los peces.

Las pendientes de la relación entre T°_{opt} y el peso corporal en *P. brachypomus* (0.17°C por orden de magnitud [/ OM]) es más baja que en *C. gariepinus* (0.5°C / OM) y *O. aureus* (-1.0°C / OM), que gozan de una distribución tropical, y mucho mas baja que en el subtropical *C. carpio* (-1.9°C / OM). Semejantemente, la amplitud de la respuesta térmica en *P. brachypomus* es más estrecha que en las especies que viven más lejos del ecuador. Se piensa que estas estrategias térmicas contrastadas reflejan la adaptación de las especies a niveles latitud-dependientes de la variabilidad estacional y de la previsibilidad de los regímenes térmicos. Una consecuencia de este patrón latitudinal es que las especies ecuatoriales sufrirían probablemente más seriamente de los cambios del clima que afectan la temperatura del agua que las especies tropicales, subtropicales o templadas. Un paradigma similar se aplica en lo que concierne la posibilidad de cultivar estas especies en diversos regímenes térmicos.

Agradecimientos

E.F. Flores recibió una beca del programa belga «Coopération Universitaire au Développement» durante su estudio en la Universidad de Lieja. Los autores agradecen Jesús Núñez por la traducción del inglés al castellano de este manuscrito.

Referencias

Baras, E.; Mpo'n'tcha, A.; Driouch, H.; Prignon, Ch.; Mélard, C. 2002. Ontogenetic variations of thermal optimum for growth, and its implication on thermolabile sex determination in blue tilapia. *Journal of Fish Biology*, 61: 645-660.

- Baras, E.; Daffé, M. submitted. Relationships between size heterogeneity, cannibalism and thermal optimum for growth in larvae and juveniles of sharptooth catfish. *Journal of Fish Biology*, submitted, 15 pp.
- Jobling, M. 1994. *Fish Bioenergetics*. London, Chapman & Hall.

Influencia del fotoperiodo y del ritmo de alimentación sobre la sobrevivencia larval del surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum*)

Rémi Dugué^{1,3}, Navil Corcuyl¹, Fabrice Duponchelle^{2,3}, Jean-François Renno^{3,4},
Marc Legendre³, Jesús Nuñez^{3,4}

¹ Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), CICPPE,
Santa Cruz, Bolivia

e-mail: Remi.Dugue@ird.fr, navilcorcuyl@hotmail.com

² Universidad Mayor San Simón (UMSS), ULRA, Cochabamba, Bolivia

e-mail: Fabrice.Duponchelle@ird.fr

³ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France

e-mail: renno@univ-montp2.fr

⁴ Universidad Mayor San Andrés (UMSA), IBM Y B, La Paz, Bolivia

e-mail: Jesus.Nunez@ird.fr

Palabras Claves: *Pseudoplatystoma fasciatum*, Surubí, Canibalismo, Piscicultura, Peces amazónicos.

Resumen

Larvas de Surubí, *Pseudoplatystoma fasciatum*, sometidas a dos tipos de ritmo de alimentación (repartido en las 24 horas y en las 12 horas) y tres fotoperiodos (24d, 12d:12n y 24n) sobrevivieron mejor y tuvieron factores de condición superiores con una alimentación continua y en la oscuridad permanente. El ritmo de alimentación es el factor que más influye para ambos parámetros y existe un efecto cruzado entre la alimentación y el fotoperiodo por el crecimiento.

Introducción

Varios ensayos de cría del Surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum*) fueron intentados en el pasado (Kossowski & Madrid, 1985; Kossowski, 1991). Sin embargo, pocos fueron exitosos y la bibliografía sobre las primeras fases de vida es escasa. Los primeros ensayos de cría demostraron la importancia del canibalismo en esta especie (Kossowski, 1991), observaciones que fueron confirmadas por nuestra

experiencia. Este comportamiento es el principal factor de mortalidad cuando aparece dentro de una producción de alevines de peces (Qin & Fast, 1996, Appelbaum & Kamler, 2000). Entre los factores que más influyen en el canibalismo y la sobrevivencia de larvas de peces, contamos con factores bióticos tal como la estructura inicial de tamaño de las larvas o su origen genético (Qin & Fast, 1996, Kestemont *et al.*, 2003). Los factores abióticos incluyen factores del medio ambiente (Kestemont *et al.*, 2003) entre ellos la alimentación, la densidad de animales en los tanques, la temperatura, la intensidad y repartición de la luz en los tanques. La cantidad y la calidad del alimento y su disponibilidad para los peces tiene una influencia obvia en la sobrevivencia de las larvas y en el desarrollo del canibalismo puesto que una falta de saciedad o una carencia alimenticia exagera este comportamiento (Qin & Fast, 1996). Si el ritmo de distribución del alimento puede influir en la sobrevivencia de las larvas (Baras *et al.*, 1998), la interacción entre los periodos de distribución de alimento y el fotoperiodo es fuerte en varias especies (Appelbaum & Kamler, 2000; Baras, 2000). La duración del periodo de luz puede también influir directamente sobre el comportamiento de canibalismo (Baras *et al.*, 1998; Baras, 2000).

El surubí, *P. fasciatus*, es un animal nocturno, el cual caza más que todo al anochecer y al final de la noche. Dado la importancia del comportamiento en el desarrollo del canibalismo, y entonces en la sobrevivencia, se ha investigado la influencia de los dos factores que son el fotoperiodo y el ritmo de distribución de la alimentación en la sobrevivencia de larvas del *P. fasciatus* criadas en tanques.

Metodología

Las larvas utilizadas en este ensayo provienen todas de una misma hembra y de un mismo macho. Tenían cuatro días después de la eclosión al inicio de la experimentación, cuando fueron contadas y repartidas en 18 tanques redondos de 60 litros cada uno (6200 larvas por tanque). Los tanques son dispuestos en 3 bloques integrados en un circuito cerrado. Las concentraciones de amoníaco y nitritos fueron inferiores a 0,5 y 0,3 mg.l⁻¹, N-NH₄⁺ y N-NO₂⁻, respectivamente. La temperatura (25,9 – 27°C) y el oxígeno disuelto (6,3 à 8,4 mg.l⁻¹) fueron homogéneos en todos los tanques.

Para evaluar la influencia del fotoperiodo, tres valores de fotoperiodo fueron escogidos : 24 horas de noche (24n); 12 horas de día y 12 horas de noche (12d:12n) y 24 horas de día (24d). La alimentación es basada en *nauplii* recién nacidos de *Artemia salina* distribuidos en exceso en 6 alimentaciones por día. Estas 6 distribuciones

fueron repartidas sobre 12 horas (12h) o 24 horas (24h). Todos los tanques recibieron el mismo número de *nauplii* de *Artemia* diariamente.

El plan de experimentación factorial completo fue usado para repartir los dos modos de distribución de alimentación (12h y 24h) y los tres fotoperiodos (24d, 12d: 12n, 24n). Cada tratamiento estaba presente en cada uno de los tres bloques del dispositivo experimental.

Después de 10 días, al finalizar la experimentación, los alevines fueron separados gracias a una malla rígida de 1 mm y fueron posteriormente contados uno por uno. Se calculó la sobrevivencia y la proporción de alevines que no pasaron a través de la malla de 1mm. Treinta alevines de cada tanque fueron muestreados y conservadas en formol (5%). Cada uno fue medido bajo microscopio estereoscópico gracias a un micrómetro ocular y pesado con una balanza de 0,1 mg de precisión. La longitud fue medida de la punta de la cabeza a la extremidad de los músculos de la cola. Los datos fueron analizados por análisis de varianza multifactorial, con el paquete estadístico StatGraphics Plus. Los datos de peso y longitud fueron procesados según el método del máximo de verosimilitud.

Resultados y discusión

Los valores de sobrevivencia en los tanques variaron entre 10% y 46% y son similares a los obtenidos con muchas especies carnívoras (Qin & Fast, 1996; Kestemont *et al.*, 2003). El ritmo de distribución del alimento tiene un efecto marcado sobre la sobrevivencia ($p=0,0005$), la sobrevivencia es mayor cuando el alimento es distribuido en las 24 horas que cuando lo es en 12 horas (Fig. 1). Por otra parte, el fotoperiodo también tiene un efecto sobre la sobrevivencia, aunque inferior al efecto del ritmo de distribución de la alimentación ($p=0,017$), la oscuridad total da mejores resultados que el alumbrado permanente o que el fotoperiodo equilibrado.

El ritmo de distribución del alimento tiene un efecto marcado ($p=0,006$), también en la proporción de alevines que no pasaron a través de una malla de 1 mm (Fig. 1). Si el fotoperiodo no tiene un efecto directo sobre el porcentaje de alevines «grandes», existe una interacción entre el ritmo de distribución de la alimentación y el fotoperiodo ($p=0,03$) lo que se traduce por un efecto del ritmo

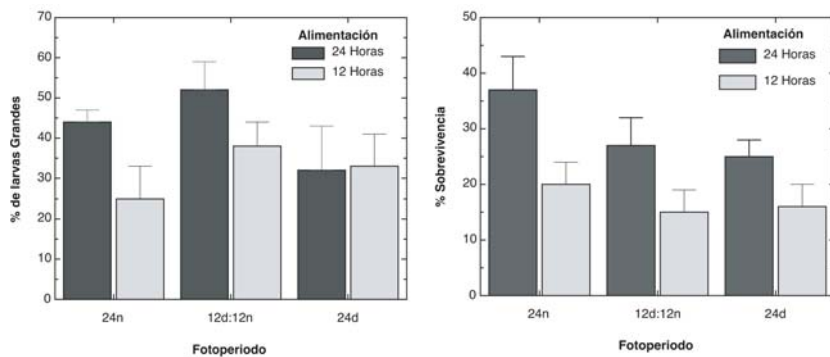


Figura 1 : Efecto del fotoperiodo y del ritmo de distribución del alimento sobre la sobrevivencia total de los alevines (izda.) y porcentaje de alevines de *P. fasciatus* que no pasan una malla rígida de 1 mm (dcha.) al final del experimento.

de alimentación solo en los fotoperiodos 24n y 12d:12n y no con el fotoperiodo 24d (Fig. 1).

Los datos de longitud muestran una gran homogeneidad de los alevines. Al contrario, los pesos son muy heterogéneos. No se ha podido demostrar ninguna diferencia significativa entre los tanques por estos dos parámetros ($p > 0,05$). Sin embargo, el estudio de la relación entre la longitud y el peso de cada larva permite poner en evidencia un efecto del ritmo de alimentación (Fig. 2), lo que confirma las observaciones sobre el porcentaje de alevines «grandes». La condición de las larvas es mejor cuando el alimento se distribuye en las 24 horas. Notaremos también que los alevines que miden más de 6 mm o pesan más de 3 mg pertenecen todos (con una excepción) al grupo que fue sometido a una alimentación las 24 horas. La alimentación es el factor más importante tanto para la sobrevivencia de los alevines como para su crecimiento. La distribución del alimento en las 24 horas permite sin duda aumentar la accesibilidad al alimento, que es un factor clave para aumentar las sobrevivencias de larvas de peces y reducir el canibalismo (Qin & Fast, 1996; Kestemont *et al.*, 2003). Sin embargo, una alimentación en liviano exceso no permite reducir las mortalidades totalmente al igual que en otras especies carnívoras (Qin & Fast, 1996). El fotoperiodo viene como factor secundario que permite una mejor expresión del potencial de las larvas alimentadas de manera óptima.

Según nuestras observaciones, las larvas nadan de manera muy activa durante las primeras y últimas horas de la noche, repartiéndose en todo el tanque. Al contrario, durante las fases de alumbrado, se quedan en el fondo del tanque, buscando sombra

y, al no encontrarla, tienen tendencia a acumularse entre ellas, aumentando los encuentros y entonces las probabilidades de ejercer el canibalismo. La agresividad hacia los otros alevines puede ser también reducida de noche (Baras *et al.*, 1998). Appelbaum & Kamler (2000) encuentran también mejores sobrevivencias de *Clarias gariepinus* criados en la oscuridad permanente con una alimentación repartida las 24 horas. *C. gariepinus* también crece más en la oscuridad, lo que es debido según los autores a un metabolismo menos orientado hacia la locomoción, lo que no corrobora con nuestras observaciones en *P. fasciatum*.

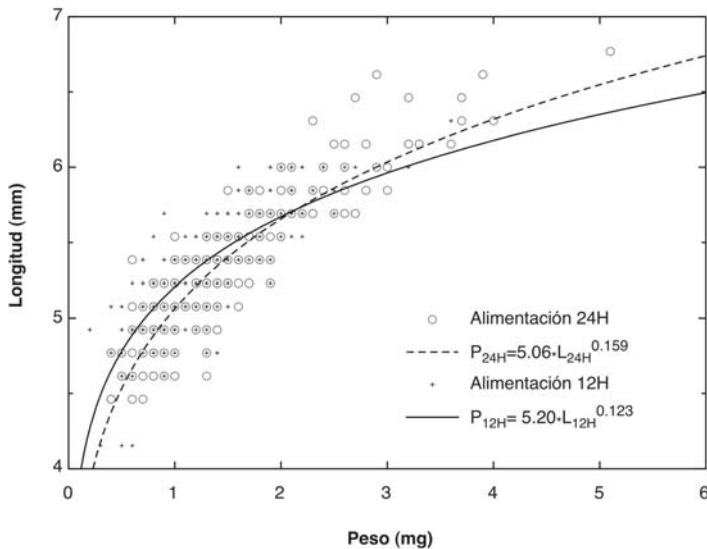


Figura 2: Relación entre el peso y la longitud de larvas de *P. fasciatum* sometidas a dos ritmos de alimentación.

En conclusión de estas observaciones se puede recomendar un sistema de producción de alevines en la oscuridad permanente, con una alimentación repartida durante las 24 horas, este último punto estando el más importante.

Referencias

Appelbaum, S.; Kamler, E. 2000. Survival, growth, metabolism and behaviour of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) early stages under different light conditions. *Aquaculture Engineering*, 22: 269-287.

- Baras, E.; Tissier, F.; Westerloppe, L.; Mélard, C.; Philippart, J.-C. 1998. Feeding in darkness alleviates density-dependent growth of juvenile vundu catfish *Heterobranchus longifilis* (Clariidae). *Aquatic Living Resources*, 11: 355-340.
- Baras, E. 2000. Day-night alternation prevails over food availability in synchronizing the activity of *Piaractus brachypomus* (Characidae). *Aquatic Living Resources*, 13: 115-120.
- Kestemont, P.; Jourdan, S.; Houbart, M.; Mélard, C.; Paspatis, M.; Fontaine, P.; Cuvier, A.; Kentouri, M.; Baras, E. 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227: 333-356.
- Kossowski, C. L.; Madrid, M. D. 1985. Ensayo de la reproducción inducida en bagre rayado cabezon *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) 1766 (Pisces, Siluriformes). *Acta Científica Venezolana*, 36: 284-285.
- Kossowski, C. L. 1991. Observaciones de los estadios embrionario y larval del bagre rayado cabezon *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) 1766 (Pisces, Siluriformes), *Biollania*, 8: 9-15.
- Qin, J.; Fast, A. W. 1996. Size and feed dependent cannibalism with juvenile snakehead *Channa striatus*. *Aquaculture*, 144: 313-320.

Efecto del horario de alimentación en el crecimiento y sobrevivencia de larvas de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Pimelodidae)

Palmira Padilla Pérez¹, Rémi Dugué², Rosa Ismiño¹,
Fernando Alcántara Bocanegra¹, Fred W. Chu-Koo¹

¹Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP),
Apartado 784, Iquitos, Perú.
ppadilla_perez@hotmail.com

² Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
Remi.Dugue@ird.fr

Resumen

Se evaluó el efecto del horario de alimentación sobre la sobrevivencia y el crecimiento de larvas de doncella. Los tratamientos fueron tres horarios de alimentación: T1 (*Artemia*, noche); T2 (*Artemia*, día); T3 (*Artemia*, día y noche). No hubo diferencia significativa en el peso y longitud final ni en la ganancia de peso entre los tratamientos ($p > 0.05$). La sobrevivencia en T3 fue ligeramente superior a T1 y T2. Los resultados sugieren que la alimentación en un ciclo de veinticuatro incide en la sobrevivencia.

Introducción

La doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum*, especie que tiene una amplia distribución en Sudamérica es un pez que por la calidad de su carne y su rápido crecimiento (Reid, 1983) viene despertando el interés de la acuicultura (Toledo 1991). Se encuentra además entre las especies que presenta mayor demanda en mercado en Colombia, Venezuela y Brasil (Lopes *et al.*, 1996). Por lo tanto, se debe tomar acciones concretas para garantizar la oferta constante de semilla, superando los escollos en el levante de larvas y en especial en la fase inicial de alimentación. Desde hace unos años su reproducción a través de inducción hormonal viene siendo probada con relativo éxito por varios investigadores (Contreras & Contreras, 1989; Cancino, 1990; Castagnolli, 1992; Padilla *et al.*, 2001), sin embargo el levante de larvas es aún la principal limitante que se observa para cerrar el ciclo com-

pleto del manejo de esta especie en condiciones controladas. Nuestras propias experiencias en el manejo de esta especie nos indican que la alimentación juega un rol crucial en la sobrevivencia de las larvas de doncella y en ese sentido las investigaciones deben enfocarse a la resolución de esas limitantes. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del horario de alimentación sobre la sobrevivencia y el crecimiento de larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum* obtenidas por inducción hormonal.

Metodología

El experimento se llevó a cabo durante ocho días, en las instalaciones del Centro de Investigaciones de Quistococha del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (CIQ-IIAP). Un total de 7 200 larvas de cinco días de edad (0.5 ± 0.15 mg de peso y 5.82 ± 0.19 mm de longitud total respectivamente) fueron distribuidas en 18 acuarios de 60 l a una densidad de 400 larvas por acuario.

Se utilizó nauplios de *Artemia* sp., como alimento vivo., en tres horarios de alimentación: T1 (*Artemia*, noche); T2 (*Artemia*, día); T3 (*Artemia*, día y noche) con cinco repeticiones. La ración diaria ofrecida fue de 102 000 organismos de *Artemia* sp. por cada réplica. La ración diaria fue dividida en seis sub-rationes y distribuida cada dos horas, para T1 y T2 y cada cuatro horas, para T3 y T4. Para el análisis cuantitativo de los organismos se aplicó el método volumétrico descrito por Tresierra & Culquichicón (1993).

La calidad del agua fue monitoreada a través de mediciones diarias de la temperatura, oxígeno disuelto, pH, amonio y CO_2 y diariamente se realizó recambios del agua para eliminar los desechos producto de la excreción y/o alimento no consumido por las larvas. Al finalizar el experimento, se determinó el peso y la longitud final de las larvas, la ganancia de peso y se calculó el porcentaje de sobrevivencia de las larvas de acuerdo a la ecuación propuesta por Tresierra & Culquichicón (1993). Los datos de peso y longitud final, ganancia de peso y sobrevivencia de las larvas fueron analizados a través de ANOVA, usando el programa SAS, y presentadas como el promedio \pm la desviación standard del promedio de las cinco réplicas de cada tratamiento.

Resultados y Discusión

Los parámetros de calidad de agua registrados durante el experimento fueron: oxígeno disuelto 6.2 ± 0.4 mg/l, temperatura $26.4 \pm 0.3^\circ\text{C}$, pH 5.7 ± 0.2 , amonio

0.33 ± 0.1 ppm, y CO₂ 2.0 ± 0.4 ppm. Estos valores son considerados aceptables para el cultivo de esta especie, siendo muy similares a los registrados en levante de larvas de los generos *Piaractus* y *Colossoma* (Alcántara & Guerra, 1992). No se registró diferencias significativas en longitud y peso final de las post larvas de doncella al término de los ocho días de experimentación según ANOVA ($p > 0.05$). Sin embargo, el porcentaje de sobrevivencia de las post larvas alimentadas de día y de noche (T3) fue ligeramente superior en relación a los peces alimentados en un solo turno (ver tabla 1).

Tabla 1. Longitud, peso final, ganancia de peso y sobrevivencia (S) de post larvas de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* sometidos a tres horarios diferentes de alimentación. Datos expresados como promedio ± desviación estándar de la media de cinco réplicas por tratamiento.

Tratamientos/ Horario	Longitud Final (cm)	Peso Final (g)	Ganancia de Peso (g)	S %
T1 <i>Artemia</i> (día)	1.71 ± 0.3 ^a	0.88 ± 0.3 ^a	0.83 ± 0.1 ^a	22.8 ^a
T2 <i>Artemia</i> (noche)	1.69 ± 0.3 ^a	0.90 ± 0.2 ^a	0.85 ± 0.2 ^a	20.3 ^a
T3 <i>Artemia</i> (día y noche)	1.72 ± 0.4 ^a	0.91 ± 0.2 ^a	0.86 ± 0.2 ^a	30.3 ^a

Los valores de sobrevivencia están por debajo de los encontrados por Alcántara & Guerra (1992) en otras especies de peces amazónicos. Asimismo, Fex de Santis (1991) consiguió un 86.35% de sobrevivencia en larvas de *Colossoma macropomum*. Asimismo este mismo autor manifiesta que los nauplios de *Artemia* sp. son aceptados por *Colossoma* a partir del quinto día de nacido, lo cual fue corroborado también con esta especie.

En ninguna de las unidades experimentales se observó «jumpers» (fenómeno en el cual un grupo de alevinos crece más rápido que otros y que es asociado al canibalismo) lo que nos sugiere que probablemente, la cantidad de alimento suministrado fue suficiente para satisfacer la demanda, aunque no se descarta del todo un cierto nivel de canibalismo entre las larvas. Para el futuro, tendríamos que encontrar un equilibrio entre cantidad de alimento distribuido, frecuencia de distribución, recambio y calidad de agua. Los resultados sugieren que los nauplios de *Artemia* sp. pueden ser usados como alimento vivo sin comprometer el crecimiento de las larvas y que la oferta de alimento debe cubrir el ciclo de 24 horas.

Referencias

- Alcántara B. F.; Guerra, F. H. 1992. Avances en la producción de alevinos de gamitana *Colossoma macropomum*, y paco *Piaractus brachipomus* por reproducción inducida. *Folia Amazónica*, 4:
- Cancino, L. 1990. Efecto del extracto de pituitaria de carpa y de la hormona liberadora de gonadotropinas (LH-Rha) sobre la maduración gonadal del bagre rayado, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus) 1766 (Pisces. Siluriformes). Tesis de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Biología Marina. 87 p.
- Castagnolli, N. 1992. Criação de peixes de água doce. Campus de Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. FUNEP, 189 p.
- Contreras, P.; Contreras, J. 1989. Resultados preliminares de la reproducción inducida del bagre rayado, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). Proyecto estación piscícola San Silvestre. *Inderena Barrancabermeja*: 13-21.
- Fex de Santis, R. 1991. Crecimiento y sobrevivencia de larvas de cachama *Colossoma macropomum*, con alimento vivo y no vivo. *Boletín; Red Acuicultura*, 5(2), Bogotá, Colombia.
- Lopes, M. C.; Freire, R. A .B.; Vicensotto, J. R. M.; Senhorini, J. A. 1996. Alimentação de larvas de surubim pintado, *Pseudoplatystoma coruscans* (Agassiz, 1829), em laboratório, na primeira semana. *Boletim Técnico del CEPTA*, 9: 11-21.
- Padilla, P. P.; Alcántara, B. F.; Ismiño, O. R. 2001. Reproducción inducida de la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y desarrollo embrionario – larval. *Folia Amazónica*, 12(1-2): 141-155.
- Reid, S. 1983. La biología de los bagres rayados *Pseudoplatystoma fasciatum* *Pseudoplatystoma tigrinum* en la cuenca del río Apuré, Venezuela. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología Producción Agrícola*, 1:13-41.
- Toledo, A. 1991. Hybridation of *Colossoma*. In A. Hernández (ed.). II Reunión del Grupo de Trabajo de *Colossoma*: 228-254.
- Tresierra, A.; Culquichicón, Z. 1993. Biología Pesquera. 1^{ra} Ed. Editorial Libertad EIRL. Trujillo-Perú. 432 p.

Colecta y adaptación de peces ornamentales amazónicos

Carlos Llontop Vélez¹, Catalina Díaz Cachay¹, Miryam Muñoz Landa¹, Julio Melgar del Risco²

¹ Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Facultad de Oceanografía, Pesquería y C. Alimentarias, Roma 340 Miraflores, Perú
e-mail: c_llontop@hotmail.com, cattydiaz@hotmail.com

² Acuario Nanay E.I.R.L. Prolongación Las Camelias s/n. San Juan. Mainas – Loreto, Perú
e-mail: acuarionanay@hotmail.com

Palabras Claves: Peces Amazónicos, Colecta, Adaptación.

Resumen

Se efectuaron colectas de peces amazónicos durante 1997, 1999 y 2000, los cuales fueron agrupados por familias y géneros. Las especies fueron llevadas a Lima (Miraflores), al Laboratorio de Acuicultura de la FOPCA, donde se les mantuvo en la mayoría, entre 2 a 6 meses en proceso de aclimatación y adaptación, durante los cuales se les suministró alimento vivo consistente en *Tubifex* y *Artemia* (viva y congelada), *Daphnia* sp., así mismo alimento artificial en escamas (Nutrafin) y húmedo. Durante estas etapas se reportaron mortalidades entre 35 a 70 %

Introducción

La fauna íctica de aguas continentales sudamericana, comparada con el resto del mundo es poco conocida y hay necesidad de colectas inmediatas en varias regiones, antes que los peces se tornen raros o se extingan. Existen actualmente de 2 500 a 3 000 especies conocidas de peces de agua dulce en América del Sur habiéndose identificado hasta el momento en el Perú 855 especies dentro de 346 géneros (Chang & Ortega, 1995) incluidos los peces de consumo y ornamentales.

Un adecuado conocimiento de estos peces debe perseguir el estudio armónico de su taxonomía, filogenia, zoogeografía y ecología para luego tentar conservar del mejor modo posible el valor científico y estético de esta fauna (Bohlke *et al.*, 1978).

La colecta de los peces amazónicos se realizan en los cuerpos de agua de la red hidrográfica de la amazonía peruana siendo las cuencas de los ríos Napo, Tigre,

Ucayali, Nanay y Amazonas los más frecuentados. Dentro del año, existen temporadas de captura para determinadas especies, algunas de las cuales se les puede localizar mejor en la vaciante, otras en creciente y otras durante la época de reproducción.

La pesca se realiza en forma totalmente extractiva, desde el inicio se ha capturado sin tener en cuenta la magnitud del recurso y sin considerar que una pesca indiscriminada tendría efectos perjudiciales sobre las poblaciones ícticas existentes. La presión de pesca ejercida sobre el stock disponible ha ido incrementándose con el tiempo (Tello & Cánepa, 1991)

La conservación de los peces puede efectuarse a través de la conservación y restauración del hábitat, seleccionar la transferencia y reproducción en cautiverio (Maitland & Evans, 1986).

Durante los años 1997 – 2000 un grupo de investigadores de la UNFV-FOPCA efectuaron colectas de peces tropicales en el Río Amazonas y tributarios, habiéndose colectado diversas especies, de las cuales algunos ejemplares figuran como parte de la colección del Laboratorio de Hidrobiología I y otras se han adaptado en el laboratorio de Acuarística.

Metodología

- Determinación de las áreas de estudio y su incursión en las mismas.
- Pesca y recolección de las muestras, conservando alguna de estas en formol al 10%. Etiquetado con la fecha de colección, lugar, arte de pesca, etc.
- Toma de datos físico y químicos así como de la ubicación geográfica.
- Traslado en bolsas a Iquitos.
- Almacenamiento de las especies colectadas en acuarios y registro fotográfico.
- Traslado en bolsas con oxígeno a Lima (FOPCA).
- Siembra por especie en acuarios con agua previamente tratada.

Las especies fueron colocadas en acuarios siguiendo

Método A: agua reposada (1 semana mínimo), temperada y agregándole antibiótico.

La renovación del agua se efectuaba entre 5% del volumen/día al 10%/semana

Método B: agua reposada (1 semana mínimo), temperada y agregándole antibiótico y protector de mucosa con agua de turba . La renovación del agua se efectuaba entre 10 % del volumen/día al 30%/semana.

- Seguimiento del comportamiento y adaptación a su nuevo hábitat.

Resultados y Discusión

Las colectas efectuadas entre los años 1997 al 2000, se agruparon en familias y géneros, haciendo uso de la información respectiva sobre características externas de especies (Fowler, 1945; Ortega & Vari, 1986; Kullander, 1986; Ortega, 1991; Nelson, 1994; Chang & Ortega, 1995; Glaser & Glaser, 1995; Glaser *et al.*, 1996, 1996) (Tabla 1).

Tabla 1. Agrupación de peces colectados

ORDEN: PERCIFORMES

Familia: Cichlidae

<i>Aequidens pallidum</i>	Bujurqui
<i>A. rivulatus</i>	Bujurqui
<i>Apistogramma agassizi</i>	
<i>A. cactuoides</i>	
<i>A. eunotus</i>	
<i>A. bitaeniata</i>	
<i>A. cruzi</i>	
<i>A. norberty</i>	
<i>A. juruensis</i>	
<i>A. pandurini</i>	
<i>A. sunset</i>	
<i>Apistogramma sp.</i>	Apistograma algodón
<i>Apistogramma sp.</i>	Apistograma cara pintada
<i>Biotodoma cupido</i>	
<i>Cichlasoma amazonarum</i>	Bujurqui
<i>C. festivum</i>	Bujurqui
<i>C. severum</i>	Bujurqui
<i>Crenicichla sp.</i>	Añashu
<i>Crenicara punctulata</i>	
<i>Heros severum</i>	Severum
<i>Mesonauta festivus</i>	Festivus
<i>Pterohyllum scalare</i>	Escalar
<i>Satanoperca jurupari</i>	Satanoperca

ORDEN: CHARACIFORMES

Familia: Characidae

<i>Boehlkea fredcochui</i>	Tetra azul
<i>Chalceus macrolepidotus</i>	Chalceus
<i>Crenuchus spilurus</i>	Crenuchus
<i>Hyphessobrycon loretoensis</i>	Tetra loreto

	<i>Hyphessobrycon</i> sp.	
	<i>Hyphessobrycon</i> sp.	Tetra azulino
	<i>Hyphessobrycon erythrostigma</i>	Corazón sangrante
	<i>Iguanodectes</i> sp.	Tetra limón
	<i>Moenkhausia</i> sp.	
	<i>Paracheirodon innesi</i>	Neón tetra
Familia:	Rivulidae	
	<i>Rivulus</i> sp.	Rivulus
Familia:	Erythrinidae	
	<i>Erythrinus erythrinus</i>	Shuyo
	<i>Hoplias malabaricus</i>	Fasaco
Familia:	Gasteropelecidae	
	<i>Carnegiella strigata</i>	Pechito
	<i>C. marthae</i>	Pechito
Familia:	Lebiasinidae	
	<i>Copeina guttata</i>	Copeina
	<i>Pyrrhulina brevis</i>	Urquisho
	<i>P. spilota</i>	Urquisho
Familia:	Prochilodontidae	
	<i>Prochilodus nigricans</i>	Boquichico

ORDEN: SILURIFORMES

Familia:	Gymnotidae	
	<i>Gymnotus carapo</i>	Macana

ORDEN: SILUROIDEI

Familia:	Callichthyidae	
	<i>Brochis splendens</i>	
	<i>Corydoras fowleri</i>	Cory ampiyacu
	<i>C. julli</i>	Cory julli
	<i>C. sichry</i>	Cory sichry
	<i>C. aeneus</i>	Cory red
	<i>Dianema longibarbis</i>	Porthol corriente
	<i>Hoplosternum thoracatum</i>	Porthol rayado
Familia :	Doradidae	
	<i>Agamyxis pectinifrons</i>	Dorita
	<i>Amblydoras hancockii</i>	Spinossisimus
	<i>Platydoras costatus</i>	Rafle
Familia:	Pimelodidae	
	<i>Callophysus callophysus</i>	Motta común
	<i>Opsodoras granulatus</i>	Bufo cunchi
	<i>Pimelodus pictus</i>	
Familia:	Loricariidae	
	<i>Farlowella</i> sp.	Farlowella

ORDEN: SYNBRANCHIFORMES

Familia: Symbbranchidae

Symbbranchus marmoratus

Atinga

Los peces acondicionados según método A; nos reportó alrededor del 70 % de mortalidad, mientras que por método B, la mortalidad bajo alrededor del 35 %, estimándose mejor resultado por la adición del agua de turba.

Los peces fueron adaptados a las condiciones químicas del agua de Lima y a una temperatura cercana a los 18°C en un lapso de 6 meses para la mayoría de ellos y un máximo de 15 meses para otros, como *Pyrrulina sp.*

Durante este tiempo se les suministró alimento vivo consistente en *Tubifex* previamente desinfectado (azul metileno), artemia viva (cultivada) y/o congelada y *Daphnia* (cultivada). Posteriormente se les suministró alimento suplementario consistente en escamas de Nutrafin o alimento húmedo.

Las especies ornamentales, que se han logrado adaptar a las condiciones de agua, así como alimento balanceado artificial son:

- | | | |
|---|------------------------------|-----------------------|
| - | <i>Crenicichla sp.</i> | Añashua |
| - | <i>Agamyxis pectinofrons</i> | Rivulos |
| - | <i>Heros severum</i> | Tetra azul |
| - | <i>Pterophyllum scalare</i> | Tetra limón |
| - | <i>Pterophyllum altum</i> | Macanas |
| - | <i>Aequidens sp.</i> | Copeina |
| - | <i>Cichlasoma sp.</i> | <i>Corydoras spp.</i> |
| - | <i>Apistogramma spp.</i> | <i>Festivum</i> |
| - | <i>Corazón sangrante</i> | <i>Pyrrulina sp.</i> |
| - | <i>Satanoperca sp.</i> | |

Posteriormente algunas especies se han separado para reproducirlas, principalmente del género *Apistogramma*, *Pyrrulina* y *Aequidens*.

Referencias

- Bohlke, J. E.; Woltzman, S. H.; Menezes, N. A.; 1978. Estado actual da sistemática dos peixes de agua doce da America do Sul. *Folia Amazónica* 8(4): 657-677.
- Chang, F.; Ortega, H. 1995. Additions and corrections to the list of freshwater fishes of Peru. *Publicaciones del Museo Historia Natural. UNMSM (A)* 50: 1-11.

- Fowler, H. W. 1945. Los peces del Perú. Museo Historia Natural «Javier Prado». UNMSM. Lima. 228 p.
- Glaser, U.; Glaser, W. 1995. Loricariidae all L-numbers. Aqualog. A.C.S. GmbH (Ed.) Germany. 111 p.
- Glaser, U.; Schafer, F.; Glaser, W. 1996. All *Corydoras*. Aqualog. A.C.S. GmbH (Ed.) Germany. 142 p.
- Kullander, S. 1986. Cichlid fishes of the Amazon River drainage of Perú.
- Maitland, P.S.; Evans, D. 1986. The role of captive breeding in the conservation of fish species. In: The International Zoo Yearbook. John Wiley & Sons, Inc. London. p. 66-74.
- Nelson, J. 1994. Fishes of the world. In: Jarvis Caroline (Eds.). New York. 599 p.
- Ortega, H. 1991. Adiciones y correcciones a la lista anotada de los peces continentales del Perú. *Publicaciones del Museo Historia Natural. UNMSM (A)* 39: 1-6.
- Ortega, H.; Vari, R. P. 1986. Annotated Checklist of the freshwater fishes of Peru. Smithsonian Institution Press. Washington. 25 p.
- Tello, M. S.; Cánepa, L. J. 1991. Estado actual de la explotación de los principales peces ornamentales de la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica - IIAP*, 3: 109-128.

Captura, adaptación y reproducción de peces ornamentales amazónicos, *Apistogramma spp.*, *Pyrhulina sp.*

Catalina Díaz Cachay¹, Carlos Llontop Vélez¹, Luis Clemente Sanguinetti¹,
Miryam Muñoz Landa¹, Julio Melgar Del Risco²

¹ Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Laboratorio de Acuarística, Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias, Jr. Francia 726, Miraflores (Lima 18), Perú
e-mail: cattydiaz@hotmail.com, c_llontop@hotmail.com, clementes@terra.com.pe

² Acuario Nanay EIRL, prolongación las Camelias s/n, Maynas, Loreto, Perú
e-mail: acuarionanay@hotmail.com

Palabras Claves: adaptación, reproducción, peces Amazónicos, acuicultura.

Resumen

Se describe los resultados obtenidos, entre agosto a diciembre del 2001, de la reproducción de una pareja *Apistogramma sp.* «carapintada» macho con *A. eunotus* hembra y otra de *A. eunotus*. A su vez, los resultados preliminares de la reproducción de *Pyrhulina sp.* ocurrido en agosto del 2002.

Trabajos que se realizan el marco del programa «colecta, adaptación y reproducción de peces ornamentales amazónicos» que involucra determinar la tecnología de cultivo más adecuada de ciclo completo, para hacer renovable el recurso.

Introducción

El género *Apistogramma* incluye a más de 40 especies, todos presentan en estado adulto un tamaño pequeño de allí su denominación «ciclido enano»; muy populares para acuarios. Este género fue revisado en primer lugar por Regan (1906) y luego por Kullander (1986, 2001).

Wise (1990), de acuerdo a la filogenia propuesta de las especies-grupo apistogrammas, establece 52 especies científicamente descritas y 90 adicionales no descritas; sin embargo considera que podría tratarse de variantes geográficas de otras especies conocidas. No obstante menciona que por lo menos 100 espe-

cies diferentes de «Apistogramma» son distribuidos a lo largo de la mayoría de las aguas tropicales del este de América del Sur. Los agrupa en 13 especie-grupo con 14 complejos.

Tomando como base el listado descriptivo, basado en las señales oscuras impartidas por todas las especies dentro del grupo, propuesto por Wise el *A. eunotus* se encuentra dentro del complejo del mismo nombre y el grupo Regani, distribuido exclusivamente en la Amazonía Peruana y los caños cercanos de Ecuador Nororiental, Sudeste de Colombia y el Occidente extremo del Brasil.

Los parámetros físico-químicos para reproducción de esta especie recomendados son: pH 7 – 7,5 según Kullander (1982) y Dickley (2002); temperatura 23 – 30°C Kullander (1982), 26- 29°C Dickley (2002); dureza 85– 100 ppm CaCO₃ Kowsloski (2000), refiere que *Apistogramma sp.* «carapintada» tiene características de los grupos *macmasteri*, *regani* y *eunotus*.

Según Carey (1997), el género *Pyrrhulina*, *Copella* y *Nannostomus* (Pez lápiz) están estrechamente relacionados dentro de la misma familia (Lebiasinidae). Comparten la apariencia de cuerpos largos, tubulares. Las «Pyrrhulinas» son visualmente distintas a las «Copellas». Ambos tienen aletas caudales con el lóbulo superior más largo que el inferior y la mayoría tiene una mancha oscura sobre la dorsal. Las «Copellas» son más delgadas y sus dorsales y sus lóbulos superiores caudales son más alargados que en *Pyrrhulina*.

Metodología

Se experimentó con Apistogramas y Pyrrhulinas, capturadas en la expedición realizada al río Amazonas y tributarios en el año 2000. Los trabajos efectuados fueron: a) aclimatación, b) adaptación y c) reproducción.

Apistogramma spp.

Aclimatación (Cuarentena)

Los peces fueron colocados en acuarios de 54 litros, agua temperada a 27°C, sin sustrato y terapéutico preventivo clorhidrato de acriflavina (1ml/l de agua de una solución madre al 1‰). Se efectuaron recambios diarios de agua equivalente al 10% del volumen total durante dos semanas, las siguientes fue del 30 % cada 5 días.

Se alimentó dos veces al día con *Artemia*, *Daphnia* los primeros días y continuó paulatinamente con escamado y dieta proteica.

Adaptación

El nivel de agua se incrementó y cambió los calefactores para descender la temperatura hasta 17,5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$).

La alimentación consistió en escamado, ocasionalmente alimento vivo y húmedo, se suministró dos veces al día, *ad libitum*.

Reproducción

Se seleccionó dos parejas: *Apistogramma*. sp. «carapintada» (macho) + *A. eunotus* (hembra) y *A. eunotus* (macho+hembra), se trasladó a acuarios «maduros» con sustrato de arena fina (4 cm de altura), con plantas del tipo *Vallisneria spp.* y una pieza de cerámica.

La dieta de los reproductores fue alimento húmedo altamente proteico compuesto por corazón de res (sólo músculo) 65%, vegetales 25%, complejo vitamínico (provimin) 0,01% y sal 0,1%.

El alimento inicial de los alevines fue micronemátodes (*Panagrellus sp.*) cultivado en recipientes de vidrio con avena enriquecida, según Volkart (1990), y nauplios de artemia, se utilizó la técnica de descapsulación sugerida por Sorgeloos (1978) para obtener cistos viables, libre de cáscaras.

A la semana, se incrementó la temperatura; se registró diariamente temperatura, semanalmente el pH y dureza.

Los recambios de agua se realizaron quincenalmente, el 10%, el nivel se mantuvo en 25 cm.

Pyrrhulina sp.

Aclimatación (Cuarentena)

Los especímenes capturados se recepcionaron en un acuario de 70x30x30 cm con agua reposada y agua de turba a 26°C, pH=7.8, TDS=532, ppm, Dureza= 345 ppm sin sustrato, ni plantas, con calefactor de 25 W y filtro aireador al que se agregó como preventivo clorhidrato de acriflavina y acondicionador de agua (Aquaplus). Se realizó cambio de agua en un 5% del volumen total. Los ejemplares se alimentaron con artemia viva y congelada, daphnia (pulgas de agua) tres veces al día. Posteriormente se suministró alimento altamente proteico.

Adaptación y reproducción

Se trasladó las «Pyrrhulinas» a un acuario de 1,00 x 0,40 x 0,50 m con fondo de grava y plantas tipo «Vallisneria», con filtro esquinero y calefactor 80 W. En la

etapa de adaptación se suministró el alimento escamado, cambiando a altamente proteico para la reproducción.

Resultados y Discusión

Apistogramma spp.

Aclimatación (Cuarentena):

Esta etapa duró, dos meses. Las temperaturas registradas para *Apistogramma sp.* «carapintada» durante esta etapa fueron mínima: 27,5°C máxima: 29°C; *A. eunotus* mínima 26°C y máxima 28°C.

Los peces tuvieron predilección por el alimento húmedo (dieta proteica).

Adaptación

La segunda etapa tuvo una duración de dos meses y medio. Referente a las temperaturas durante esta etapa, fluctuaron: *A. sp.* «carapintada» 17,5 – 19,2°C; *A. eunotus* 17 – 18,6°C

Reproducción

Se llevó a cabo durante los meses de Agosto a Diciembre del 2001.

Apistogramma sp.* «carapintada» + *A. eunotus

El primer desove se obtuvo a la semana de colocado el calefactor. Los desoves fueron cinco, las fechas y las características del agua se presentan en la tabla 1.

A. eunotus

Para esta pareja los desoves obtenidos fueron cuatro, las fechas y las características del agua se presentan en la tabla 2.

Tabla 1. Fecha de desoves, características del agua, número de huevos y sobrevivencia

Fecha	Temperatura (°C)	pH	Dureza (ppm CaCO ₃)	N° de huevos	% de sobrevivencia
28 Agosto	27	6,5	306	70	7
21 Septiembre	27	6,6	304	70 – 80	50
09 Octubre	27,5	6,6	304	80 – 90	55
01 Noviembre	26	6,5	305	80 – 90	55
22 Noviembre	26,5	6,5	304	80 – 90	50

Se utilizó agua de musgo «turba» para mantener el pH entre 6,5 – 6,6.

Tabla 2. Fecha de desoves, características del agua, número de huevos y sobrevivencia

Fecha	Temperatura (°C)	pH	Dureza (ppm CaCO ₃)	N° de huevos	% de sobrevivencia
22 Septiembre	26,8	6,6	304	60	0
17 Octubre	27,5	6,5	304	50 – 60	40
22 Noviembre	26	6,6	305	60 – 70	50
16 Diciembre	27	6,5	304	60 – 70	52

Durante el cortejo el macho intensifica su color; la hembra ingresa a la pieza de cerámica, limpia el lugar de desove y suelta los huevecillos, sale del nido e ingresa el macho para fecundarlos, concluida la puesta la hembra despliega todo su colorido, se puede apreciar las bandas oscuras y azul iridiscente, característico del grupo *eunotus*; la hembra es quien asume la paternidad y desplaza al macho a una de las esquinas del acuario.

El macho fue retirado a un acuario colindante con las mismas características físico-químicas del agua.

Los huevecillos de color cremoso a amarillento forma ovalada y adherentes, fueron colocados en la parte interna y en otros en la parte externa del sustrato de desove (ollita); el conteo se realizó con ayuda de un espejo odontológico.

La hembra airea los huevecillos con sus aletas.

A los 3 días se observaron las larvas, con un tamaño aproximado de 1 - 1,5 mm es notorio los ojos y el contenido estomacal; reposan en la base del sustrato de desove, confundiendo con los granos de arena, que la madre coloca y las remueve de vez en cuando, aspirándolas por la boca y eliminándolas por las branquias. Al

cuarto y quinto día las larvas han reabsorbido su saco vitelino, la madre los traslada de lugar, nadan libremente. Se les suministró micronemátodes, como primer alimento, 6 veces al día. La hembra se retiró a las dos semanas.

Al mes, los alevinos midieron aproximadamente 5 mm, se continuó alimentando con micronemátodes hasta alcanzar 1 cm de longitud.

***Pyrrhulina* sp.**

Aclimatación (Cuarentena)

La etapa de aclimatación tuvo una duración de seis meses. Los datos promedio registrados para el agua fueron: Temperatura = 27,3°C; pH = 7,5; Dureza = 345 ppm.

La mortalidad durante esta etapa fue del 33,3% (5 peces), por variación en la temperatura. Quedando 3 machos y 2 hembras.

Adaptación y reproducción

La adaptación duró 16 meses, se logró mantener los especímenes a 17,5°C.

Las características del agua durante la reproducción fueron: 24°C, pH = 7, Dureza = 214 ppm.

El desove se efectuó en la superficie del filtro esquinero, el número visualizado aproximado fue de 50 huevecillos, adherentes, translúcidos, redondos, no racimosos, con diámetro menor a 1 mm. La hembra protege el nido.

El filtro con huevecillos, se trasladó a un acuario de 54 litros, con 90 % de agua del acuario de origen, 10 % de agua blanda y gotas de azul de metileno, aireación constante a través de una piedra difusora y un calefactor de 25 watts.

A los 3 días se observó las larvas, parecidos a un alfiler, translúcidos, algunos reposando en el fondo del acuario y otros cerca de la superficie, se le suministró 6 ml de microalgas (*Chlorella*). Luego de 4 días se contó 40 individuos con natación libre, se continuó con microalgas e intercaló con micro-food, (laboratorio Ocean Star Inc.) 2 medidas (1 medida = 0,0693g) disuelto en 10 ml de agua, por 12 días; posteriormente con micronemátodes 17 400 unidades/día (1 medida = 0,1689g). Transcurrido 43 días del desove, la longitud aproximada fue 3 mm, se les proporcionó *Daphnia* y micronemátodes, por 15 días más y continuó con alimento altamente proteico y escamado.

Cumplido 3 meses, se lograron 36 «Pyrrhulinas», de longitudes entre 1-4 cm.

Referencias

- Carey, A. 1997. Accidental spawnings of *Pyrrhulina brevis*. Reprinted from Jan/Feb'97. *Aqua News*.
- Dickley, B. 2002. http://www.notcatfish.com/findex/scientific_index.htm
- Gery, J. 1977. Characoids of the world. *Tropical Fish Hobbyist*, 138-142.
- Kullander, S. 1986. Cichlid fishes of the Amazon River drainage of Perú. Editorial.
- Kullander, S. 2001. Guide to the South American Cichlidae. <http://www.nrmse/ve/pisces/acara/apistogr.shtm/>
- Sorgeloos, P. 1978. The culture and use of brine y shrimp *Artemia salina* as food for hatchery raised larval prawns, shrimps and fish in South-East Asia. Rome, FAO, THA/75/008/78/wp/3.
- Volkart, B. 1990. Microworms: Good food in a small package. *Tropical Fish Hobbyist*. Noviembre.
- Wise M. 1990. Description, Distribution, and a proposed phylogeny of *Apistogramma* species-groups. <http://www.user.ms.net/~warewolf/phylo/phylobody.html>.

Comportamiento reproductivo de cinco especies del género *Apistogramma* (Cichlidae) en ambientes controlados

Rosa Ismiño Orbe, Palmira Padilla Pérez

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP),
Apartado Postal 784, Iquitos, Perú
e-mail: isminoorbe@yahoo.es, ppadilla_perez@hotmail.com

Palabras clave: *Apistogramma*, comportamiento reproductivo, crianza en cautiverio

Resumen

Se describe el comportamiento y la biología reproductiva, expresado en tiempo y frecuencia de desove en ambientes controlados de cinco especies del género *Apistogramma*. Las especies estudiadas demostraron ser prolíficas, reproduciéndose fácilmente en cautiverio y en períodos diferentes: *Apistogramma ramirezi* en un solo período, *A. eunotus*, *A. macmasteri* y *A. diamante* en períodos diferentes y *A. panduro* durante todo el año, con una periodicidad de 7 a 25 días, según la especie.

Introducción

La comercialización de peces ornamentales es una actividad económica creciente en la Amazonía peruana, constituyéndose en una importante fuente de ingresos de divisas para el país y de sustento para miles de familias de la región. A pesar de la gran importancia de esta actividad poco se conoce acerca de la biología, ecología y crianza en cautiverio de estas especies.

En la Amazonía peruana son comercializadas 157 especies de peces ornamentales, pertenecientes a 104 géneros y 32 familias (Ruiz *et al.*, 2003). El género *Apistogramma* (Kullander, 1986) se encuentra dentro de la familia Cichlidae y está conformado por 15 especies que representan el 1.5% de la captura total de peces ornamentales. Los miembros de éste género poseen una gran potencialidad para su reproducción en ambientes controlados, lo que reduciría la presión de pesca sobre las poblaciones naturales y permitiendo de esta manera disponer de peces en forma permanente para satisfacer la demanda del mercado.

El propósito de este trabajo es presentar una descripción del comportamiento y la biología reproductiva en cautiverio de cinco especies del género *Apistogramma*.

Metodología

El estudio se realizó en el Centro de Investigaciones de Quistococha (CIQ) del IIAP, ubicado en el km 4.5 de la carretera Iquitos-Nauta. Cinco parejas juveniles de las especies *Apistogramma panduro*, *A. macmasteri*, *A. eunotus*, *A. diamante* y una pareja de *A. ramirezi* fueron utilizadas en el estudio. Los ejemplares fueron capturados del medio natural registrándose la longitud total (cm) y el peso total (g). Los peces fueron estabulados en acuarios de 60 l de capacidad dentro de los cuales fueron colocados pedazos de tubo de PVC cortados por la mitad para que sea utilizado como área de desove y refugio. Los parámetros físicos y químicos registrados fueron temperatura, pH y oxígeno disuelto, los cuales fueron monitoreados diariamente y mantenidos en condiciones constantes (23.9°C, pH 7.4 y 6.11 mg/l de oxígeno disuelto). Los peces fueron alimentados *ad libitum* en base a cladóceros tres veces al día. Para describir el comportamiento reproductivo, el periodo y la frecuencia de desove de cada una de las especies, se realizó observaciones diarias por espacio de 12 meses.

Resultados y discusión

Comportamiento reproductivo

Los ejemplares del estudio alcanzaron su madurez sexual entre los 6 a 8 meses de edad, coincidiendo con Loiselle (1985). El comportamiento reproductivo se inicia con el rito de emparejamiento. Una vez formada la pareja, la coloración del cuerpo cambia en ambos sexos, intensificándose. Ocurrido el cambio de coloración, la pareja busca lugares protegidos, luego la hembra comienza a limpiar la zona elegida para el desove que, en este caso, consistió en el pedazo de tubo de PVC; luego, el macho entra y sale de la «cueva» en una especie de «danza nupcial» y con la cola va arrinconando a la hembra, la cual se coloca con la parte ventral hacia el techo del interior del tubo donde empieza a soltar los óvulos, que se van adhiriendo al tubo y al mismo tiempo van siendo fecundados por el macho, que acompaña de cerca todo este proceso. El tiempo de duración del desove es de aproximadamente una hora. Concluido el desove y la fertilización de los óvulos, la hembra empieza a agredir al macho, protegiendo el desove ya que si no lo hace el macho puede devorar los huevos. Luego, la hembra realiza movimientos de ida y vuelta sobre los

huevos constantemente, a fin de mejorar la oxigenación del agua, utilizando las aletas ventrales y constantemente limpia los huevos embocándolos para evitar que se contaminen. Los huevos demoran 96 h en eclosionar. El comportamiento observado en estas especies es similar al de otros cíclidos como *Cichlasoma cyanoguttatum* (Zarate, 1987), *Cichla ocellaris* y *Astronotus ocellatus* (Fontenele, 1950).

Biología reproductiva

Las especies estudiadas del género *Apistogramma* presentan tamaños y pesos semejantes (Tabla 1). Las especies presentan dimorfismo sexual en cuanto a tamaño y coloración, siendo las hembras ligeramente más pequeños que los machos. Algunas especies presentan patrones de coloración diferente, las hembras de *A. panduro* presentan el cuerpo con patrones de coloración amarillo y negro, en cuanto que los machos son de color celeste.

Tabla 1: Frecuencia de desove y promedios de longitud total, peso y fecundidad de las especies del género *Apistogramma*.

Variables		<i>A. panduro</i>	<i>A. eunotus</i>	<i>A. macmasteri</i>	<i>A. diamante</i>
L(cm)	Hembras	3.94±0.19	4.38±0.73	4.14±0.32	3.92±0.30
	Machos	5.2±0.23	5.54±0.66	5.22±0.70	4.54±0.62
P(g)	Hembras	0.86±0.19	1.26±0.63	1.12±0.39	1.12±0.39
	Machos	1.9±0.29	2.66±0.83	2.1±0.86	1.38±0.46
Fecundidad		97±48.12	70±33.83	75±13.13	75±35.64
Frecuencia de desove (días)		7 a 25	11 a 18	7 a 10	12 a 25

En las otras especies no existe diferenciación sexual en los patrones de coloración. En todas estas especies se observó que en la época de reproducción se intensifica la coloración del cuerpo.

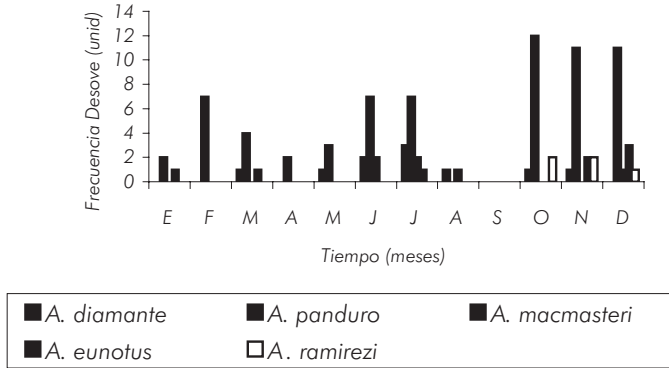


Figura 1: Período de desove de cinco especies del género *Apistogramma* en condiciones controladas

Las especies del género *Apistogramma* presentan diferentes estrategias reproductivas (Fig. 1). *A. panduro* tuvo una actividad reproductiva a través del año a excepción de los meses de agosto y septiembre, con mayores frecuencias de desoves durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. *A. diamante* desovó entre marzo y noviembre, pero con mayor incidencia en los meses de junio y julio. *A. macmasteri* desovó con mayor incidencia en los meses de junio a agosto, seguido de un período de reposo de septiembre a noviembre y un pequeño desove en el mes de diciembre. Debido al número reducido de ejemplares de *A. ramirezi* no podemos afirmar si el período de desove de octubre a diciembre es el único que presenta la especie durante todo el año.

Estos resultados demuestran que a pesar de que estas especies se encuentran en ambientes controlados, ellos siguen manteniendo su comportamiento reproductivo lo que podría significar que esta estrategia está determinada genéticamente en estas especies. Así, las especies estarían siguiendo los mismos patrones que desarrollan en los ambientes naturales. Algunas especies como *A. panduro* garantizarían su éxito reproductivo con períodos continuos de desove a través de todo el año sin presentar mucha relación con los niveles de las aguas en los medios naturales. Otros como *A. macmasteri*, *A. diamante*, *A. eunotus* y *A. ramirezi* parecen centrar su reproducción en la época de aguas bajas donde la concentración de alimentos es mucho mayor. El estudio de un mayor número de individuos de diferentes generaciones nos permitirá corroborar o rechazar estas afirmaciones.

Referencias

- Fontenele, O. 1950. Contribuição para o conhecimento da biología dos tucunares (Actinopterygii, Cichlidae), em cativeiro. Aparélho de reprodução. Hábitos de desova e incubação. *Revista Brasileira de Biologia*, 10: 503-519.
- Kullander, S. O. 1986. The cichlid fishes of Amazon River drainage of Peru: Swedish Museum of natural history Stockholm, 431p.
- Loiselle, P. V. 1985. The Cichlid Aquarium. USA.357p.
- Ruiz, F. R.; Souza, T. J; Vela, M. U. 2003. Análisis situacional de la pesquería ornamental en Iquitos y áreas de influencia - Bases para una propuesta de manejo. Tesis para Magíster, UNAP. Iquitos. Perú.
- Zarate, R. 1987. Algunas notas sobre la Guapota Tigre. In: Folleto para la explotación de poblaciones salvajes. Secretaría de Pesca, México D.F. 225 p.

Minimización del canibalismo en especies de peces con larvas piscívoras: estrategias y éxitos con el carácido *Brycon moorei*

Etienne Baras

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
etienne.Baras@mpl.ird.fr

Palabras Claves: Canibalismo, heterogeneidad de tamaño, crecimiento, larvas, *Brycon moorei*

Resumen

Este estudio integrativo proporciona las bases morfológicas, bioenergéticas y económicas que demuestran que alimentando las larvas altamente canibalísticas de *Brycon moorei* (Characidae) con peces presa durante los primeros tres días de la alimentación exógena, da el mejor de todos los compromisos posibles entre la supervivencia, el crecimiento y la heterogeneidad de tamaño. En detalle, esta solución zootécnica permite hacer crecer peces suficientemente rápido durante la etapa larval evitando la etapa costosa de alimentación con *Artemia*, sin incurrir desventajas en lo que concierne la supervivencia y la heterogeneidad de tamaño.

Introducción

El canibalismo es frecuente en peces cultivados, especialmente en los estadios larva y joven juvenil, que exhiben una mayor apertura mandibular (relativamente la altura del cuerpo), consumen más alimento y crecen más rápidamente que los adultos. El consumo de peces proporciona una ventaja en el crecimiento, así que el canibalismo resulta en el aumento de la divergencia de los tamaños, que favorece el canibalismo subsecuente en una dinámica típica de la bola de nieve.

La dinámica continua hasta que la presa desaparezca o hasta el crecimiento alométrico negativo de partes bucales que complica excesivamente el ejercicio del canibalismo (Baras & Jobling, 2002; Kestemont *et al.*, 2003). Cuanto más joven es la edad y cuanto más pequeño es el tamaño en el cual los peces comienzan a ejercer canibalismo, mayores son las pérdidas antes de que los peces puedan ser

separados por tamaño. El aminoramiento del canibalismo llega a ser más complicado cuando no requiere una diferencia de tamaño entre el canibal y su presa, como es frecuente el caso en las especies en las cuales las larvas llevan dientes orales largos, que permiten la retención de las presas grandes huidizas que son ingeridas por la cola. En estas circunstancias, el canibalismo no se puede atenuar con separación por tamaño, y cuando los peces logran el tamaño al cual el ejercicio del canibalismo requiere un diferencial del tamaño suficiente para permitir la separación, ya han ocurrido demasiadas pérdidas.

Muchas especies, especialmente las piscívoras, pertenecen a la última categoría. Una solución zootécnica a este problema está en alimentar las larvas y los juveniles de estas especies con los peces presa adecuados durante este período crítico. Mas frecuentemente, tales soluciones fueron desplegadas de manera empírica y la eficiencia y viabilidad económica no fueron evaluadas. Aquí, proporciono una descripción de la estrategia y resultados de una serie de estudios que permitieron abordar este planteamiento en la especie que posiblemente ostenta el record para el canibalismo temprano e intenso: la dorada *Brycon moorei* (Characidae), cuales larvas comienzan a comer peces o a ejercer canibalismo no más de un día post-eclosión (PE), en gran parte debido al crecimiento excepcionalmente precoz de sus quijadas y dientes (Baras *et al.*, 2000; Vandewalle *et al.*, 2005).

Material biológico y condiciones experimentales

Todos los experimentos fueron realizados en la estación de la acuicultura de la Universidad de Lieja (Bélgica) en descendientes de reproductores en cautiverio originarios de la cuenca del río Magdalena (Colombia). Los peces fueron criados en sistemas con agua reciclada a 27°C bajo un fotoperíodo 12L:12D. Los experimentos implicaron peces criados en aislamiento para la medida de la toma de comida y la eficiencia del crecimiento con una dieta de peces, y en grupos para probar el efecto de la dieta (nauplii de *Artemia* o peces presa) sobre el crecimiento, la heterogeneidad de tamaño y el canibalismo. Los peces presa eran larvas de otra especie de la cuenca del río Magdalena, el bocachico *Prochilodus magdalenae*. El protocolo de reproducción artificial, las condiciones de incubación (botellas de zuga) y duración de la incubación (15-16 h) de las dos especies son casi idénticas a 27°C. Las larvas del bocachico son ligeramente más pequeñas que las de la dorada, no exhiben ningún comportamiento piscívoro durante la primera semana PE y pueden ser consumidas enteramente por la dorada desde el comienzo de la alimentación exógena (Fig. 1).

Criterios morfológicos

La estrategia tuvo como primer objetivo la determinación de la «ventana crítica» para el canibalismo en dorada, basándose en el crecimiento alométrico de la altura del cuerpo y de la apertura mandibular, la combinación de los cuales permite la determinación del diferencial de tamaño que se requiere para ejercer canibalismo. La información abajo se ha sintetizado de trabajos publicados (Baras *et al.*, 2000; Vandewalle *et al.*, 2005).

Al comienzo de la alimentación exógena (1 día PE, peces de 6.5 mm de longitud total [LT], 1.2 mg), la apertura mandibular de la dorada logra un clímax de 25% LT, mientras que su altura de cuerpo es solamente de 17% LT, así un cociente de 1.5 que deje una amplia puerta abierta para el canibalismo. Después de eso, el crecimiento alométrico negativo de las quijadas y el crecimiento alométrico positivo de la altura del cuerpo hacen más difícil el canibalismo. El cociente de tamaño es de 1.00 a 12 mm LT, 0.80 a 15 mm LT y 0.63 a 20 mm LT (estos cocientes corresponden a los del peso corporal de 1.00 [por la definición], 0.51 y 0.21, respectivamente).

Como consecuencia, el tamaño de la presa más grande que puede ser consumida por una larva de dorada sigue siendo casi idéntico para los caníbales comprendidos entre 12 y 20 mm LT. La validez de estos criterios morfológicos está apoyada por estudios del comportamiento en las capacidades de predación de la dorada (Baras *et al.*, 2000).

En conjunto, estos estudios demuestran que la ventana crítica para el canibalismo comienza al inicio de la alimentación exógena (6.5 mm LT) y se acaba cuando el tamaño de la dorada alcanza entre 15 y 18 mm LT, de tal modo que es necesario criar la dorada lo más rápido y con la mayor homogeneidad de tamaño posible durante este intervalo de desarrollo.

El crecimiento y la ración de la dorada

Las larvas de la dorada criadas en aislamiento y alimentadas *ad libitum* con nauplii de *Artemia* desde 1 d PE alcanzaron pesos corporales de 6.5 mg y 25 mg (10.5 y 15.5 mm LT) a 4 y 8 d PE, respectivamente, mientras que los hermanos a los que se le han ofrecido peces presa lograron el peso 25 y 212 mg (15.5 y 28.0 mm LT) en estas mismas edades (Fig. 2 A). A nuestro conocimiento, esta es la tasa de crecimiento más rápida publicada en larvas de teleosteos. Cantidades enormes de alimento eran necesarias para provisionar de combustible este crecimiento excep-

cionalmente rápido: de 300 hasta 100% del peso/día, en el primero y séptimo día de alimentación exógena, respectivamente. Esto da un cuadro claro del número de larvas de bocachico que son necesarias para alimentar la dorada durante este período (es decir no menos de 7, 28 y 80 larvas el primer día, tres días y a siete días de alimentación exógena).

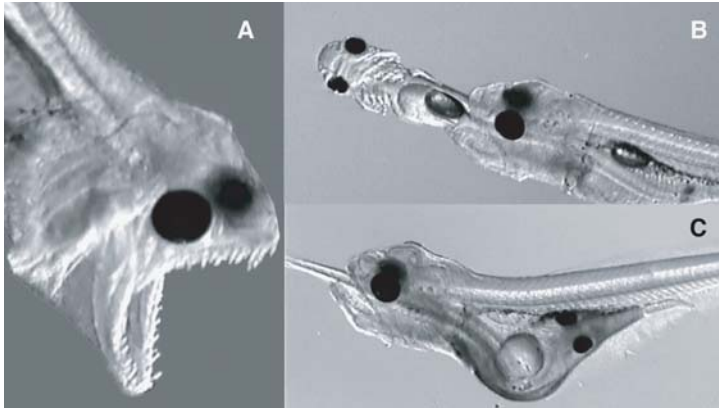


Figura 1. Detalle sobre la quijada y los dientes orales de una larva de *Brycon moorei* de 1 día de edad (A), y ejemplos de la predación sobre larvas de *Prochilodus magdalenae*, que pueden ser capturadas cola primero o cabeza primero por la dorada.

Efecto de la dieta sobre la supervivencia y la heterogeneidad de tamaño

Los estudios fueron llevados a cabo con 16 grupos de 50 doradas de 1 día de edad y fueron colocados en las jaulas 2.5-L alimentados con las larvas de bocachico de 0 a 7 días (dos réplicas por tratamiento), con los números exactos de presas que fueron determinados durante el estudio bioenergético. Cuando la distribución de los peces presa se terminaba, las doradas eran pasadas al esquema de alimentación estándar (es decir nauplii del *Artemia* para las larvas de peso inferior a 25 mg y alimentación formulada para el resto). La supervivencia y la heterogeneidad de tamaño (coeficiente de variación del peso corporal, CV_p) fueron determinadas cuando los peces lograron un tamaño de 250 mg (30 mm LT), en el cual pueden ser clasificados y ser transferidos sin mortalidades a las infraestructuras de engorde. A 250 mg, la supervivencia de la dorada que no recibía ningún pez presa era menos del 40%, con la mayoría de la mortalidad originada por el canibalismo (Fig. 2 B). El canibalismo fue reducido y la supervivencia creció hasta el 55% cuando la dorada era alimentada con las larvas de bocachico durante dos días, y se elevó hasta el 85% cuando la distribución fue ampliada al tercer día de alimentación (Fig.

2 B). Después de eso, la supervivencia aumentó de manera curvilínea y alcanzó una meseta acercándose al 95%. La heterogeneidad de tamaño siguió una dinámica opuesta: CV_p era de 42% en las doradas que no recibían ningún pez presa y caía hasta el 12% en las doradas alimentadas continuamente con peces presas (Fig. 2 B). Para ambos factores, la variabilidad entre las réplicas disminuyó cuando la distribución de los peces presa fue prolongada. Estos resultados indican claramente que las ventajas de una dieta a base de peces son substanciales sobre todo los primeros tres días de la alimentación exógena y menor después, lo que verifica completamente las conclusiones de los estudios morfológicos y de comportamiento.

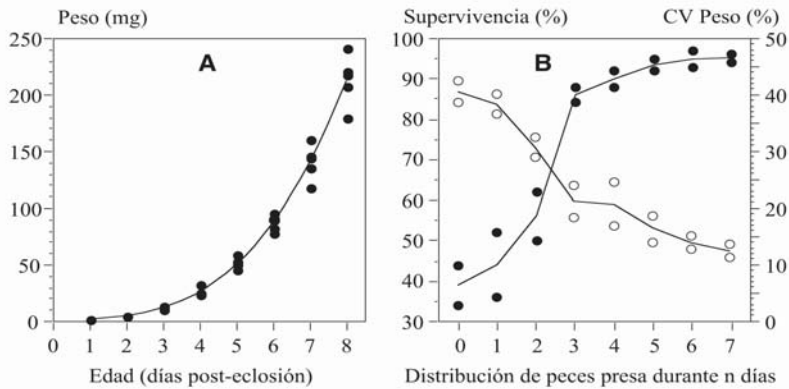


Figure 2. A. Crecimiento de las larvas de *Brycon moorei* criadas en aislamiento y alimentadas *ad libitum* con las larvas de los *Prochilodus magdalenae*. B. La supervivencia (símbolos cerrados) y la heterogeneidad del tamaño a 30 mm LT (símbolos abiertos) de larvas de *Brycon moorei* criadas en grupos de 50 peces, dependiendo del esquema de alimentación durante los primeros siete días de la alimentación exógena.

Costos de producción

Los costos de producción incluyen el costo de mantenimiento de los reproductores, el costo de reproducción hormonal inducida y los costos de cría de las larvas y juveniles de la dorada hasta 30 mm LT (250 mg), así como la mano de obra y las provisiones para la depreciación del equipo/edificio. Los costos de alimentación incluyen los costos de producción y cría de larvas del bocachico de diversas edades y tamaños (los mismos rubros que para la dorada), para ser comparado con los costos alternativos de producción con *Artemia* y con alimentación balanceada.

Estos cálculos fueron analizados para cada uno de los ocho esquemas de alimentación considerados en el paso anterior (es decir alimentación de la dorada con peces presa durante 0 a 7 días) y para diversos costos de la mano de obra (de 5 a 100 Euros por día). Las estimaciones de las tasas de la supervivencia para cada esquema de alimentación fueron deducidas de los valores indicados en la Figura 2. Cualquiera que sea el costo de mano de obra, el costo de producción es siempre es más bajo para la dorada alimentada con peces presa durante los primeros tres días de alimentación exógena que por períodos más cortos o más largos de la distribución de los peces. Para un costo de la mano de obra de 5 Euros/día, los costos de una dorada de 250 mg son de 2.13; 0.82 y 5.33 centavos de Euro, con 0, 3 y 7 días de distribución de peces presa respectivamente (los valores correspondientes para un costo de la mano de obra de 100 Euros/día son de 6.37, 2.70 y 6.71 centavos de Euro, respectivamente).

Conclusiones

La combinación de estudios morfológicos, de comportamiento y bioenergéticos nos han permitido definir la ventana crítica para el canibalismo y probar las soluciones zootécnicas que (casi) permitieron solucionar el problema del canibalismo y de la heterogeneidad de tamaño en una especie con larvas altamente canibalísticas. El estudio también puso en evidencia que una distribución de los peces presa restringida en el tiempo era económicamente provechosa. Los ensayos a una mayor escala, con tres grupos de 2.000 larvas criadas a una densidad de 20 peces por litro hasta un peso corporal de 500 mg (36 mm LT) con el esquema de alimentación óptimo rindieron una supervivencia alta ($72\pm 4\%$), una heterogeneidad de tamaño baja (CV_p de $21\pm 3\%$) y un crecimiento rápido (tamaño de 500 mg en 16-17 d PE). Estos estudios demuestran la viabilidad de criar larvas altamente canibalísticas en altas densidades cuando se adopta una estrategia clara, paso a paso, teniendo en cuenta también lo que se refiere a las exigencias económicas. Este planteamiento se aplica a un amplio número de especies Amazónicas de interés para la acuicultura, en particular las de los géneros *Brycon*, *Salminus* y *Pseudoplatystoma*.

Agradecimientos

El autor es investigador honorario asociado «senior» del «Fonds National de la Recherche Scientifique» de Bélgica y agradece Jesús Nuñez por la traducción del Inglés al Castellano de este manuscrito.

Referencias

- Baras, E.; Ndao, M.; Maxi, M. Y. J.; Jeandrain, D.; Thomé, J. P.; Vandewalle, P.; Mélard, C. 2000. Sibling cannibalism in dorada under experimental conditions. I. Ontogeny, dynamics, bioenergetics of cannibalism and prey selectivity. *Journal of Fish Biology*, 57: 1001-1020.
- Baras, E. ; Jobling, M. 2002. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fishes. *Aquaculture Research*, 33: 461-479.
- Kestemont, P.; Jourdan, S.; Houbart, M.; Mélard, C.; Paspatis, M.; Fontaine, P.; Cuvier, A.; Kentouri, M.; Baras, E. 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227: 333-356.
- Vandewalle P.; Germeau G.; Besancenet P.; Parmentier E.; Baras, E. 2005. Early development of the head skeleton in *Brycon moorei* (Pisces, Ostariophysi, Characidae). *Journal of Fish Biology*, 66: 996-1024.

Efecto de dietas micro-encapsuladas suplementadas con enzimas digestivas, sobre el desarrollo de post-larvas de *Fenneropenaeus indicus*

Susana Sirvas Cornejo¹, David A. Jones², John W. Latchford²

¹Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV),
Calle Roma 340, Miraflores, Lima, Perú
e-mail: susansirvas@hotmail.com

²University of Wales, Bangor, Anglesey, LL59 5AB, Wales, United Kingdom
e-mail: wendavjones@wanadoo.es
oss016@bangor.ac.uk

Palabras Clave: *Fenneropenaeus*, enzimas digestivas, dietas micro-encapsuladas, genéticamente modificado.

Resumen

Se prepararon dietas micro-encapsuladas (MED) y se suplementaron con 2 cepas bacterianas genéticamente modificadas productoras de enzimas digestivas. Una productora de una proteasa del tipo tripsina (cepa *E coli* XL1p635), y otra productora de una lipasa (cepa *E. coli* XL1p7). Se alimentaron *Fenneropenaeus indicus* al estadio postlarval 1 (PL1) durante 15 días con estas dietas, se midió la longitud total, y se registró la supervivencia, cada 2 días. Los resultados fueron analizados con ANOVA y con el Análisis Secuencial de Tukey Kramer.

Introducción

La demanda creciente por especies de penaeidos y las limitaciones de dichos recursos naturales, han conducido a su cultivo intenso. El reemplazo de alimento natural con dietas micro-encapsuladas, ha evitado el tener que depender de una fuente de alimento de calidad variable. Sin embargo, las dietas micro-encapsuladas no son completamente digeridas por las larvas y post-larvas, debido a su escasa producción de enzimas digestivas durante estadios de metamorfosis. La adición de enzimas digestivas a partir de mamíferos, ha sido previamente estudiada (Kolkovski *et al.*, 1993). Microorganismos productores de estas enzimas, entre ellas una

proteasa del tipo tripsina (Sirvas, 1999), podrían representar una fuente más económica de obtención de dichas enzimas, y su uso como suplemento en dietas micro-encapsuladas para post-larvas de camarón, fue considerado en el presente trabajo.

Metodología

Preparación de las dietas

Se usó una dieta comercial (Fripak CD2) como base para la preparación de las dietas suplementadas. La composición de CD2 fue: proteína 52 %, lípidos 12 %, ácidos grasos insaturados 2 %, cenizas 20 %, fibra 1 %, y agua 13 %. Se trituraron 5 g de CD2, se agregó 50 mL de agua destilada, y se mezcló. Se agregó 6 g de hemoglobina, y se mezcló con un mezclador eléctrico. Se centrifugó a 2000 rpm por 5 minutos para extraer el sobrenadante conteniendo los constituyentes de la dieta, y se almacenó a 4°C toda la noche.

Microencapsulación

Las dietas se micro-encapsularon modificando el método de Jones (1984) (Número de Patentes Británicas: 79437454 y 2103568). En un vaso de 50 mL se colocaron 25 mL de ciclohexano con lecitina al 2 % (P/V), y se agitó a 3000 rpm por 2 min. Por otra parte, en un vaso de 10 mL se mezclaron 2.5 mL de dieta con 21 % (P/V) de la correspondiente cepa bacteriana liofilizada (Sirvas, 1999), y se mezcló con una bagueta de vidrio. Luego se agregó la dieta al ciclohexano (en agitación), durante 1 minuto. Después de 2 a 3 minutos, se agregó una mezcla de 10 mL de ciclohexano con 0.2 mL de bicloruro succínico, durante 1 minuto. Luego de aproximadamente 8 minutos, se detuvo el agitador, y se verificó la formación y el tamaño de las micro-cápsulas, bajo el microscopio. Se eliminó el solvente, y las micro-cápsulas se lavaron 2 veces en 50 mL de ciclohexano. Se realizó un último lavado en etanol, y las cápsulas se dejaron secar en una campana extractora por 1 hora. La composición de las dietas micro-encapsuladas fue la siguiente:

Dieta CD2:	Dieta artificial comercial Frippak CD2.
Dieta D2:	5 g CD2 + 5 g Hb + 50 mL H ₂ O
Dieta XL1:	5 g CD2 + 6 g Hb + 50 mL H ₂ O + 1 % XL1
Dieta 635:	5 g CD2 + 6 g Hb + 50 mL H ₂ O + 1 % 635
Dieta 7:	5 g CD2 + 6 g Hb + 50 mL H ₂ O + 1 % 7

Donde: Hb = hemoglobina, XL1 = cepa *E. coli* XL1BluepUC19, 635 = cepa *E. coli* XL1p635 (conteniendo el gen para proteasa el tipo tripsina), y 7 = cepa *E. coli* XLp1 (conteniendo el gen para lipasa).

La estabilidad de las micro-cápsulas en agua de mar a 28°C, fue monitoreada, durante 5.5 h.

Preparación de los bioensayos

Se distribuyeron post-larvas de *Fenneropenaeus indicus* al estadio de PL1, en 15 recipientes conteniendo 5 L de agua de mar, a una densidad poblacional de 20 animales por recipiente. El agua fue pasada a través de filtros con tamaños decrecientes de 20 a 5 µm, y colada a través de una columna de fraccionamiento. Los bioensayos tuvieron una duración de 15 días. El agua tenía un pH de 8.0 – 8.3, una salinidad de 3,3 ‰ y una temperatura de 28°C (+/- 1°C). Se emplearon piedras aireadoras para la oxigenar los recipientes y se realizaron cambios de agua cada 2 días (100 %).

Las post-larvas fueron alimentadas con 3 porciones iguales a las 9:00, 13:00 y alas 18:00 h. La tasa de alimentación fue del 15 % de la biomasa. La cantidad de alimento requerido para los 3 recipientes réplica, fue rehidratada en 6 mL de agua destilada estéril, agregando 2 mL de esta solución a cada uno de los 3 recipientes, usando una jeringa de 2 mL. Se midió la longitud total (desde la punta del *rostrum* hasta la punta del telson) de 15 PLs al asar por cada tratamiento, cada 2 días. Se registró la supervivencia de los PLs cada 2 días.

Resultados y Discusión

Micro-cápsulas

El tamaño promedio de las micro-cápsulas fue: Dieta CD2 = 41.1 µm, dieta D2 = 148.0 µm, dieta XL1 = 218.0 µm, dieta XL1p635 = 218.0 µm, y dieta XL1p7 = 218.0 µm. La figura 1 muestra las micro-cápsulas antes y durante la digestión por parte de la cepa XL1p635. El 53 % de las micro-cápsulas es digerido por la bacteria en agua de mar a 28°C después de 2.5 h, y el 75 % después de 5.5 h.

Desarrollo de las post-larvas

Las post-larvas aceptaron las 5 dietas ofrecidas, aunque aquellas alimentadas con las micro-cápsulas más grandes (dietas D2, XL1, 635 y 7) tomaron más tiempo manejando su alimento antes de poder ingerirlo, que aquellas alimentadas con micro-cápsulas más pequeñas (dieta CD2).

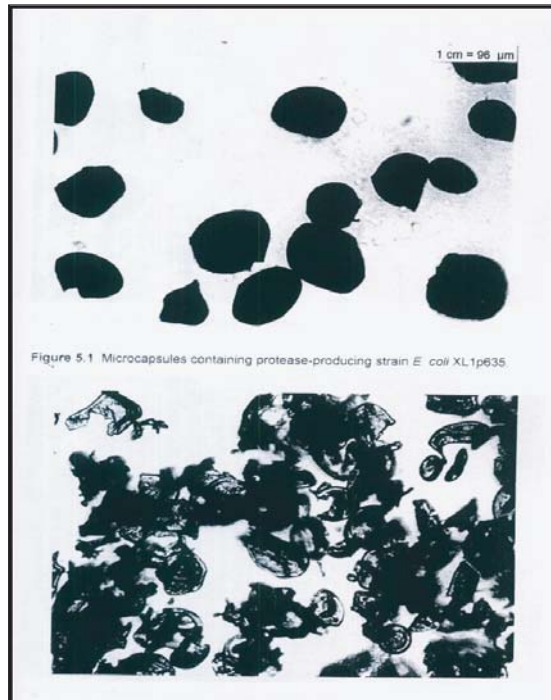


Figure 5.1 Microcapsules containing protease-producing strain *E. coli* XL1p635.

Figura 1. Micro-cápsulas conteniendo la cepa *E. coli* XL1p635, antes y después del proceso de digestión

La tabla I muestra las tasas de crecimiento de las post-larvas alimentadas con las 5 dietas. Los camarones alimentados con la dieta 635 tuvieron la mejor tasa de crecimiento de 0.26 mm día^{-1} , seguidos por aquellos alimentados con la dieta CD2 de 0.21 mm día^{-1} , y luego los alimentados con la dieta 7, 0.20 mm día^{-1} . La tasa de crecimiento de los camarones alimentados con las dietas XL1 y D2 fue relativamente baja, 0.15 y 0.14 mm día^{-1} respectivamente. La tasa de crecimiento de las post-larvas alimentadas con la dieta 635 resultó ser significativamente más rápida que la de aquellas alimentadas con las dietas D2, XL1, y 7 ($p < 0.001$).

La figura 2 muestra el incremento de longitud (mm) de las post-larvas alimentadas con las 5 dietas micro-encapsuladas, durante los primeros 15 días del estadio postlarval.

Tabla I. Tasas de crecimiento (mm día⁻¹) y desviaciones estándar de post-larvas de *Fenneropenaeus indicus* alimentadas con las dietas CD2, D2, XL1, 635, y 7.

Dietas	Tasa crec.	D. Est.	Valor t	Probabilidad
CD2	0.21386	0.01255	17.04	< 0.001
D2	0.14327	0.01141	12.56	< 0.001
XL1	0.15709	0.01196	13.13	< 0.001
635	0.26161	0.01255	20.85	< 0.001
7	0.20529	0.01141	17.99	< 0.001

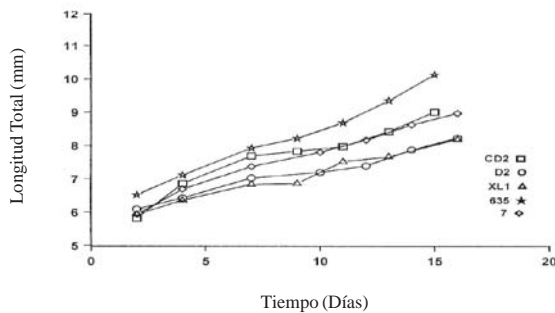


Figura 2. Efecto de cinco dietas micro-encapsuladas en el desarrollo de post-larvas de *Fenneropenaeus indicus*.

Tabla II. Media y desviación estándar del porcentaje de supervivencia de post-larvas de *Fenneropenaeus indicus* alimentadas con las dietas CD2, D2, XL1, 635 y 7, después de 15 días de bioensayo.

Dieta	Media % supervivencia	D. Est.	Nº de Réplicas
CD2	83.333	7.638	3
D2	76.667	10.408	3
XL1	55.000	10.000	3
635	83.333	2.887	3
7	71.667	2.887	3

Supervivencia de las post-larvas

La tabla II muestra la media y desviación estándar del porcentaje de supervivencia de las post-larvas de *Fenneropenaeus indicus* alimentadas con las dietas CD2, D2, XL1, 635, y 7, después de 15 días de bioensayo. Las post-larvas alimentadas

con las dietas CD2 y 635, mostraron una supervivencia del 83,3 %, seguidas de aquellas alimentadas con la dieta D2, con 76,6 %. Las post-larvas alimentadas con la dieta 7 tuvieron una supervivencia del 71,6 %, y el porcentaje de supervivencia más bajo, 55 %, le correspondió a las post-larvas alimentadas con la dieta XL1. Enzimas producidas por bacterias genéticamente modificadas, pueden mejorar la digestibilidad de dietas micro-encapsuladas para post-larvas de camarón. Partículas más pequeñas son más fáciles de ingerir que las más grandes. Las micro-cápsulas preparadas en nuestro laboratorio eran más grandes (150 μm) que las comerciales (40 μm), y aquellas que contenían cepas bacterianas aún más grandes (250 μm). Por lo tanto las post-larvas alimentadas con las micro-cápsulas grandes utilizaron más energía para manejar su alimento antes de ingerirlo. Maugle *et al.* (1983) alimentaron juveniles de *Marsupenaeus japonicus* con micro-cápsulas de 10 a 100 μm , e incrementaron el desarrollo de langostinos, activando sus zimógenos de proteasa endógenos, a través del suplemento exógeno de tripsina en la dieta. Itami y Takahashi (1991), obtuvieron un alimento con un tamaño de partícula de 50 μm utilizando el método de dispersión en seco, después de incluir células muertas de *Vibrio* en dietas micro-encapsuladas, para mejorar la supervivencia de larvas de *Penaeus monodon*. Trabajos sobre enzimas digestivas en larvas de especies de penaeidos han demostrado que las proteasas del tipo tripsina, forman el 80 % de las enzimas digestivas en larvas tempranas de penaeidos (Jones *et al.*, 1979; Lovett & Felder, 1990 a, b). En cambio, se ha hallado que no hay actividad de lipasas, lo cual sugiere que no se requieren grandes cantidades de lipasas. La mejor tasa de crecimiento mostrada por los camarones alimentados con la dieta 635, se debió probablemente a que la cepa XL1p635 era productora de una proteasa del tipo tripsina, principal requerimiento nutricional de los PLs en esa etapa de su desarrollo.

Estos resultados concuerdan con los de Kolkovski (1993), quien demostró el beneficio de la adición de pancreatina a dietas de larvas de *Sparus aurata*. La diferencia entre el peso seco inicial y final de larvas, fue de 100 % para aquellas alimentadas con suplemento de pancreatina, y sólo del 40 % para las del control.

La supervivencia fue en general la misma para las post-larvas alimentadas con el suplemento de proteasa, que para aquellas del control CD2. Sin embargo, fue relativamente baja para las post-larvas alimentadas con la dieta XL1, que además de tener un tamaño de partícula grande, no tenía suplemento enzimático.

Los resultados de este estudio demuestran que dietas micro-encapsuladas suplementadas con células bacterianas productoras de enzimas digestivas, pueden sostener el desarrollo de post-larvas de *Fenneropenaeus indicus*, durante los pri-

meros 15 días de etapa post-larval, además de promover un nivel de supervivencia satisfactorio. En el futuro estas dietas podrían potencialmente reemplazar el alimento vivo durante este periodo de desarrollo.

Referencias

- Itami, T.; Takahashi, Y. 1991. Survival of larval giant tiger prawns *Penaeus monodon* after addition of killed *Vibrio* cells to microencapsulated diet. *Journal of Aquatic Animal Health*, 3: 151-152.
- Jones, D.A.; Holland, D. L.; Jabborie, S. 1984. Current status of microencapsulated diets for aquaculture. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 10: 275-288.
- Kolkovski, S.; Tandler, A.; Kissil, G.; Gertler, A. 1993. The effect of dietary exogenous digestive enzymes on ingestion, assimilation growth survival of gilthead seabream (*Sparus aurata*, Sparidae Linnaeus) larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 12: 203-209.
- Lovett, D.L.; Felder, D. L. 1990a Ontogenetic change in digestive enzyme activity in larval and postlarval white shrimp *Penaeus setiferus* (Crustacea, Decapoda, Penaeidae). *Biological Bulletin*, 178: 144-159.
- Lovett, D. L.; Felder, D. L. 1990b Ontogenetic changes in enzyme distribution and midgut function in developmental stages of *Penaeus setiferus* (Crustacea, Decapoda; Penaeidae). *Biological Bulletin*, 178: 160-174.
- Magle, P. D.; Deshimaru, O.; Katayama, T.; Nagatani, T.; Simpson, K. L. 1983. Effect of microencapsulated amylase and bovine trypsin dietary supplements on growth and metabolism of shrimp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 49: 1421-1427.
- Sirvas, S. 1999. The effect of diets supplemented with a genetically modified bacterium on the growth of *Penaeus indicus*. PhD Thesis. University of Wales, Bangor, 188 p.

Avances y potencialidades de la acuicultura en la Amazonía Boliviana

Hernán Navil Corcuy Arana

Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), CIPPE

Santa Cruz, Bolivia

e-mail: navilcorcuy@hotmail.com

Introducción

En realidad el enfoque y propósito de esta presentación a diferencia de otras exposiciones de carácter científico es dar a conocer a la comunidad amazónica aspectos relevantes de los avances, sus limitaciones, potencialidades y perspectivas de la acuicultura en la amazonía boliviana con la finalidad de adquirir en este evento, nuevas capacidades de orden técnico - científico que nos permita direccionar al sector acuícola hacia una acuicultura sólida, competitiva, sustentable e integrada al sistema agropecuario regional.

El sector pesquero en general y la acuicultura en particular, tradicionalmente no ha formado parte de las políticas de desarrollo agropecuario nacionales, situación que últimamente pareciera tener otra visión por el aporte de entidades regionales descentralizadas como la «Universidad Autónoma Gabriel René Moreno» y de instituciones privadas de reciente formación como las Cámaras de Acuicultura del Oriente de Santa Cruz y el Beni.

Origen y evolución de la acuicultura amazónica boliviana

Estructuras de data precolombina ubicada en los llanos amazónicos de Moxos (hoy Departamento del Beni), conformado por diques, canales para transporte y riego, lagunas para la producción piscícola y campos elevados para cultivos, contienen numerosos restos arqueológicos y fue desarrollada por el pueblo de Moxos, constituyéndose en las más importantes infraestructuras construidas por una cultura amazónica.

Estudios recientes realizados por el Centro de Estudios Amazónicos (CEAM) indican que esta amplia región hoy constituye uno de los sistemas de inundación más grandes (100 000 a 150 000 km²), poco alterados y menos poblado de Sudamérica.

En tiempo pre-colombino estuvo densamente poblada por la civilización Mojeña quienes construyeron el complejo sistema de lagunas de geometría regular y rectangular, de fondo plano con profundidades menores a los 2 metros y orientadas al Norte (se censaron 375 lagunas que ocupan 117 000 ha) destinadas a la producción piscícola. Aquí se desarrollan técnicas de manejo hidráulico para retener el agua de las inundaciones y aprovechar la fertilidad que ofrece el medio acuático para la producción de pescado fuente principal de proteína animal de los Mojeños.

La acuicultura amazónica moderna es reciente, teniendo sus inicios a mediados de la década del 80 cuando la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) crea la Estación Acuícola «El Prado» desde donde se expande la acuicultura tropical a otras regiones de la amazonía boliviana, incluyéndose la Chiquitanía, regiones donde ya existen algunos criaderos de peces en sistemas generalmente extensivos y semi-intensivos.

Panorama situacional del sector pesquero

El estado situacional general del sector de la pesca y acuicultura del país se presenta así:

- El sector pesquero adolece de una estructura orgánica estatal a nivel nacional o regional con poder de decisión.
- Se caracteriza por un aparente gran potencial pesquero, un bajo aprovechamiento (sub-explotación) y una selectividad en la pesca (se aprovechan pocas especies como el pacú, tambaquí y surubí).
- La producción pesquera involucra tanto a la producción proveniente de la pesca extractivista y de la acuicultura.
- En general la única forma de acuicultura es la piscicultura la misma que se encuentra poco desarrollada, salvo alguna excepción.
- Los costos de la producción extractivista son altos por lo que la piscicultura es económicamente competitiva.
- No existen políticas a nivel nacional o regional de incentivo al sector, reflejándose en bajísimos niveles de producción y de consumo per cápita (1,2 kg/hab/año).

Datos Pesqueros

La región tropical y subtropical de la cuenca amazónica es una de las mas privilegiadas y de mayor desarrollo agropecuario que no ha desenvuelto una acuicultura o pesca extractiva de acuerdo a su potencial y a los recursos bio-físicos favorables que presenta, tales como condiciones meteorológicas, recursos hídricos, una gran área de influencia y un mercado consumidor insatisfecho, que permite una óptima conjunción del binomio producción - consumo.

Cuenca Hidrográfica	Potencial Pesquero TM	Explotación Permisible Año TM	Explotación Actual TM	Especies Comerciales mas Explotadas
Altiplano	63 000	20 000	2 600	<i>Pejerrey, Karache, trucha</i>
Plata	20 000	5 000	250	Sábalo (90%), Surubí, Dorado, Pacú
Amazonas	115 000	57 000	2 500	Pacú, Tambaquí, Surubí, Sábalo, Boga, Dorado

Avances de la acuicultura amazónica

Es evidente que los países que tienen una acuicultura mas desarrollada cuentan con estrategias regionales integradas a planes nacionales derivados de políticas estructurales aspecto que en el caso nuestro no sucede y los avances de la acuicultura amazónica obedecieron a iniciativas generalmente de carácter regional privados que comienzan a desarrollarse a partir de las experiencias de la Estación Acuícola «El Prado» dependiente de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno de Santa Cruz que tuvo la visión de inicial las actividades acuícolas en la amazonía. Esta situación la convierte hoy en un Centro de referencia en piscicultura tropical en el país a pesar de la insuficiencia de recursos físicos y humanos. Los aspectos más relevantes se resumen por áreas de actuación.

Investigación acuícola

Es evidente que el aporte de los trabajos ya ejecutados en esta área, son importantes para el crecimiento de la acuicultura amazónica, especialmente los concernientes a la reproducción de especies nativas. Por otra parte, en base a la experiencia obtenida en esta área, se ejecutan reajustes direccionados hacia la investigación

aplicada y adaptativa relacionadas básicamente con los problemas de la producción como objetivo final.

Con el propósito de fortalecer el área de investigación se tiene un convenio de cooperación por dos años entre el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD-Francia) y la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM); cuyo objetivo incluye el estudio de la ecofisiología, la genética y la piscicultura. Entre las actividades globales se encuentran: muestreos, mejoramiento de las estructuras experimentales de la Estación Acuícola El Prado, mejoramiento de los stocks de peces reproductores existentes, introducción de nuevas especies (surubí *Pseudoplatystoma fasciatum*, tucunaré *Cichla sp.* y boga *Schizodon fasciatus*), identificación de ictioparásitos y niveles de infestación, test de hipótesis en medio controlado y otros temas. Los principales objetivos propuestos se cumplieron a cabalidad.

En el área de la reproducción artificial el avance más significativo es el efectuado con el aporte del IRD habiéndose logrado estandarizar los métodos de reproducción artificial y semi-artificial de las principales especies nativas, *Piaractus brachypomus*, *P. mesopotamicus*, *Prochilodus nigricans*, boga *Schizodon fasciatus*. En los últimos dos años se incorporó el surubí *P. fasciatus* logrando encontrar los parámetros reproductivos para el desove inducido de la especie, falta mejorar los índices de sobrevivencia hasta el alevinaje final, aspecto en el cual se está trabajando actualmente.

En la amazonía tropical además en la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, existen otros centros de educación superior como la Universidad Mayor de San Simón (Estación Piscícola Pirahiba) y la Universidad Técnica del Beni, que también realizan investigaciones relacionadas a la acuicultura.

Es importante anotar que el convenio con el IRD-UAGRM está próximo a finalizar (Junio del 2005) pero existe la predisposición del IRD de continuar cooperando con nuestro centro. Para este fin se elaboran protocolos de investigaciones complementarias a las ya ejecutadas y se implementarán mecanismos para el seguimiento de los mismos.

Producción acuícola

Esta área incluye principalmente la producción de semilla de organismos acuáticos de carne de pescado. La producción de alevines es considerada de fundamental importancia para el desarrollo de la piscicultura, por lo que proyectamos producir la suficiente cantidad de semilla de peces para cubrir la demanda de los criaderos comerciales y para el poblamiento o repoblamiento de acuatorios naturales y artificiales de uso común. En el primer caso, ya se cubre la demanda de la región existiendo todavía un déficit en la producción de alevines de algunas especies nativas importantes y de mucha demanda como el surubí, tambaquí y boga; este problema con seguridad se superará próximamente porque se está trabajando en a esta temática y se mejora la infraestructura respectiva. Además este año introduciremos otras especies de interés comercial. En la Estación Acuícola «El Prado» anualmente se producen aproximadamente 250 000 alevines de tambacú, tambaquí, sábalo y carpas, suficiente para cubrir los requerimientos anuales. La Estación Acuícola El Prado tiene la capacidad para producir un millón de alevines.

Regionalmente y de manera limitada la Estación El Prado produce renacuajos y reproductores de rana toro gigante (*Rana catesbeiana*, Shaw) para cubrir la poca demanda local. En pequeña escala también existen productores de camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) y de caimanes (*Melanosuchus niger*) y lagartos (*Caiman crocodilus yacaré*).

Actualmente estamos realizando un levantamiento de criaderos piscícolas existentes en la amazonía especialmente del eje de mayor influencia Santa Cruz - Chapare y Santa Cruz - Trinidad y áreas adyacentes con la finalidad de determinar los niveles de piscicultura existentes, la superficie cultivada, especies criadas y otros datos de interés zootécnico.

En toda la Amazonía existen cinco piscigranjas (incluyendo la Estación Acuícola «El Prado») que realizan reproducción artificial principalmente de pacú, tambaquí, sin embargo se importaron post-larvas del Brasil; en esta gestión se tomarán algunas medidas para contrarrestar esta importación entre ellas proveer post-larvas a productores y bajar el precio del alevín.

Area de extensión

Se ha trabajado con mucho interés en la difusión de esta nueva actividad productiva, objetivo que se logró solo en forma parcial por limitantes económicas y técnicas. Regularmente en la Estación Acuícola «El Prado», se presta asistencia a acuicultores e interesados en incursionar en este campo.

A nivel de comunidades y otras organizaciones se imparten cursos y cursillos sobre el tema, además se distribuyen boletines y guías sobre el cultivo de peces. Inicialmente como e indicó anteriormente, se realizaban siembras sin costo alguno para comunidades, hoy se cambió este sistema por que la Estación Acuícola tiene que generar ingresos para costear sus gastos operativos.

También se trabajó con instituciones contrapartes, tanto en Concepción con la Iglesia y con la FAO en la Cuenca Alta del Río Pirafí, se procedió al poblamiento de atajados y estanques comunitarios. En los tres últimos años mediante convenio con PRODISA-BELGA se trabaja en las provincias Ichilo y Sara en la implementación de módulos de piscicultura comunales para la difusión de la actividad en la región. La organización no gubernamental HOYAM - CEAM está desarrollando sistemas de producción piscícola en los llanos de Moxos con fines de lograr la seguridad alimentaria y el desarrollo económico de las etnias. Para este fin se estableció un centro de reproducción, demostración y extensión de la piscicultura rural. En la región del trópico húmedo (Chapare) se está implementando módulos de piscicultura familiar con fines comerciales.

Factores limitantes en la acuicultura amazónica

Algunos factores sobresalientes que limitan el desarrollo de la acuicultura en la Amazonía boliviana se agrupan y analizan brevemente por áreas.

Infraestructura y equipamiento

Salvo alguna excepción todos los Centros incluyendo la Estación Acuícola El Prado tienen una infraestructura insuficiente que limita la producción acuícola y la realización de investigaciones. A este factor se suma la falta de equipos de laboratorio y de campo.

Reproducción

Si bien se cuenta con biotecnologías de la reproducción estandarizadas, aun existen eslabones a mejorar por ejemplo el mantenimiento y preparación de reproductores especialmente de especies carnívoras como el surubí y tucunaré.

La larvicultura requiere su mejoramiento para obtener mayor sobrevivencia de pos-larvas hasta la fase de alevinaje final de especies como el tambaquí, boga y especialmente surubí.

Otro tema es la introducción sin control de post-larvas principalmente de pacú provenientes del Brasil. Para contrarrestar existe el propósito de ofertar post-larvas y alevines a precios bajos.

Alimentación

Es prioritario trabajar en esta área para mejorar todas las fases de desarrollo de las especies con las que trabajamos. Existen limitaciones en la alimentación natural y muy especialmente en la artificial por los altos precios y la baja oferta. Aun falta investigar en los temas de producción intensiva: espacio/densidad, alimentación/producción.

Sanidad

Los problemas sanitarios más comunes se presentan en la época invernal producto del enfriamiento de las aguas con la llegada de los surazos (vientos fríos del sur). Las enfermedades diagnosticadas y que causan pérdidas principalmente en la región sud-amazónica son las: ichthyophthiriasis, saprolegniasis, dactylogiriasis y otras. Las limitantes para el control es la falta de productos químicos en el mercado local.

Limitantes tecnológicas

Las restricciones de la acuicultura amazónica están presentes en casi todos sus eslabones, desde la carencia de técnicos especialistas, insuficiente infraestructura, manejo, investigación, producción y poca transferencia tecnológica a los productores.

Credibilidad en el sector acuícola

A pesar de existir buenas condiciones y competitividad para invertir en el sector acuícola, no se logra atraer inversiones privadas de envergadura sin embargo se está creando espectativas.

Potencialidades de la acuicultura amazónica

El escenario que presenta la amplia región tropical y subtropical amazónica del país con una piscicultura muy poco desarrollada a pesar de existir buenas condiciones medio ambientales y con una población insatisfecha de proteínas, es factible que la crianza de peces en pequeña escala en sistemas de producción semi-intensiva, aparentemente tenga una excelente potencialidad para desarrollar, sin excluir la piscicultura comercial en gran escala, que también presenta condiciones favorables para su desenvolvimiento a corto y mediano plazo.

Consideramos que para aprovechar de manera efectiva las potencialidades acuícolas que ofrece principalmente la región amazónica considerando factores como la insuficiencia de oferta de pescado en los centros poblados, la tendencia relativamente accesibles para la implantación de criaderos y su operatividad, son aspectos favorables para estimular el interés de productores a invertir principalmente en la piscicultura. Según recomendaciones de la FAO para pretender desarrollar una piscicultura comercial se deben tomar en cuenta cinco factores considerados fundamentales:

- La potencialidad del mercado urbano
- La potencialidad el área de influencia
- La aptitud del terreno
- La fuente de agua permanente
- Disponibilidad de insumos alimenticio y fertilizantes

Relacionando estos factores a las condiciones que presenta el eje Santa Cruz - Trinidad y Santa Cruz - Chapare, la mas poblada de la amazonía boliviana se puede concluir que encaja perfectamente a los requisitos enunciados y por lo tanto es viable tanto técnica como económicamente para desarrollar una piscicultura sostenible.

En lo referente al potencial para desarrollar una piscicultura de tipo extensivo de contenido social, el Dr. Elek Woynarovich (experto en piscicultura tropical de la FAO) estudió la región amazónica de los llanos de Moxos, concluyendo que muchas de las lagunas que se encuentran diseminadas presentan un enorme potencial para la explotación piscícola mediante la implantación de sistemas extensivos aprovechando la fertilidad del agua y así recuperar la antigua función que a estas lagunas le dieron pueblos precolombinos.

Los atajados, reservorios artificiales construidos para otros fines (fuente de agua para ganado o para riego) también presentan un gran potencial por su gran número y amplia distribución. Aquí se pueden aplicar desde sistemas extensivos a semi-intensivos. Actualmente ya es una constante la crianza de peces en estos cuerpos de agua.

Perspectivas de desarrollo

A nivel nacional la Amazonía sur es la región de mayor crecimiento agropecuario sin embargo aún no ha desarrollado una acuicultura acorde a sus potencialidades,

razones que deben incluir a incentivos para promover el desarrollo de este rubro mediante políticas de apoyo al incipiente accionar de la piscicultura rural, la acuicultura empresarial y la investigación acuícola.

En lo referido a la **piscicultura rural, de contenido social**, es imprescindible la intervención del Estado o de otras organizaciones no gubernamentales como las ONGs y de países que financian proyectos de apoyo a comunidades para mejorar sus niveles de vida. Esta intervención consistiría en la diseminación de la piscicultura en el área rural como una forma alternativa y sencilla de producir proteína de origen animal a bajo costo, mediante el poblamiento y/o repoblamiento de acuatorios naturales y principalmente artificiales como atajados, los mismos que se encuentran distribuidos en todas partes de la región amazónica.

La acuicultura empresarial o comercial, es económicamente competitiva con la pesca extractivista y se caracteriza porque necesariamente se relaciona a una actividad rentable. En esta sentido su implementación implica en menor o mayor grado gastos de inversiones fijas y de operación. El crecimiento de esta acuicultura dependerá en gran medida del desarrollo de la Pesca Comercial y del desarrollo de la investigación acuícola y además, de inducir a la población a un mayor hábito de consumo de carne de pescado. También es conveniente tomar en cuenta la base tecnológica y socio-económica que ha promocionado su desarrollo en otros países con tradición acuícola.

Entonces, esta actividad se presenta como una alternativa a la pesca extractiva que tiene marcadamente una tendencia a sobreexplotar algunas especies como el *C. macropomum*, *P. brachypomus*, *Pseudoplatystoma spp.* de gran demanda y buenos precios en el mercado nacional.

Otra forma de acuicultura comercial que se introdujo aunque de manera esporádica, es la carcinocultura con resultados preliminares no satisfactorios: este rubro en el futuro podría constituirse en una actividad de buenas perspectivas económicas en la región.

La Ranicultura también ya forma parte de los cultivos acuícolas con 2 pequeños criaderos establecidos en Santa Cruz, la especie cultivada es la *Rana catesbeiana* (rana toro gigante). Existen productores agropecuarios que están interesados en incursionar en la crianza de esta especie.

Una riqueza íctica natural, relacionada a la acuicultura, son los peces ornamentales que se encuentran diseminados en la región amazónica. Su aprovechamiento racional generaría efectos multiplicadores benéficos.

Otro rubro interesante es el aprovechamiento de caimanes y lagartos que abundan

en medios naturales amazónicos. En otros países en sistemas de manejo nacionales basados en inventarios de las poblaciones, aprovechando los excedentes. De acuerdo a estadísticas, la oferta de pescado provenientes de la pesca extractiva, tiende a disminuir por problemas de mal manejo y contaminación de ríos y lagunas que favorecerá la crianza de peces, sumados a esto está la constante elevación del precio de las carnes tradicionales (bovinos, cerdos, aves). Este panorama de mercado déficit con la oferta de carne de pescado, es un indicativo de que el mercado presente y futuro requiere urgentemente del aporte de la acuicultura en gran escala, para cubrir la demanda de los consumidores siendo la región tropical y sub-tropical amazónica la que mejores condiciones ofrece.

Referencias

- Asociación de Universidades Amazonicas, UNAMAZ 1996. Políticas pesqueiras nos países amazónicos. Belém, Brasil. 500 p.
- Barba, J. ; Canal E; Garcia, E.; Jordá, E.; Miró, M.; Pastó, E.; Playá, R.; Romero, I.; Via, M.; Woynarovich, E. 2003. Moxos: Una limnocultura. Cultura y medio natural en la Amazonía boliviana. Ed. Contres d'Estudis Amazonies (CEAM), 212 p.
- Corcuy, H. N. 1996. Situación de la Acuicultura en Santa Cruz. Informe Técnico, Santa Cruz, Bolivia. 17 p.
- Corcuy, H. N. 2003. Investigación y difusión de la piscicultura en Santa Cruz. Informe Técnico - UAGRM. Santa Cruz, Bolivia. 12 p.

Biodiversidad y piscicultura tropical : el modelo de los grandes bagres del sureste Asiático

Marc Legendre¹, Yann Moreau², Laurent Pouyaud², Jacques Slembrouck²

¹ Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
e-mail: Marc.Legendre@mpl.ird.fr

² Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, Wisma
Anugraha, Jl. Taman Kemang 32 B, 12730 Jakarta, Indonesia
Yann.Moreau@ird.fr, Laurent.Pouyaud@ird.fr, Jacques.Slembrouck@ird.fr

Palabras Claves : Pangasiidae, Clariidae, Sureste asiático, Biodiversidad, Acuicultura

Resumen

Este trabajo resume las metas, las actividades de investigación y los resultados principales obtenidos durante el proyecto de «Catfish Asia» coordinado por el IRD a partir de 1996. Este proyecto se ha centrado en biodiversidad y acuicultura de dos familias de bagres asiáticos, Pangasiidae y Clariidae, y se ha asociado seis instituciones de investigación de Bélgica, Francia, Indonesia y Vietnam. Basado sobre un componente multidisciplinario manejado al nivel regional, el programa condujo a muchos resultados significativos en términos de investigación básica y aplicada. Puede ser útil de considerar este tipo de planteamiento en la perspectiva de la red RIIA (Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica).

Introducción

Los Bagres y particularmente los Clariidae y Pangasiidae son importantes recursos acuáticos en Asia, donde su cultivo representaba una producción anual de mas o menos 124 000 toneladas en 1994. Un mayor desarrollo de la industria del cultivo de Bagres enfrentó dificultades a nivel del poco conocimiento de la sistemática de estos grupos, las escasas informaciones sobre la biología y el potencial acuícola de las especies autóctonas, las limitaciones en el abastecimiento de semillas y la disminución reportada de la producción de algunos planteles en cultivo. En este con-

texto, el proyecto «Catfish Asia» se ha enfocado en dos familias de bagres, Clariidae y Pangasidae, con dos objetivos principales:

1. Adquirir bases sólidas sobre la diversidad de los bagres del sureste asiático y promover su uso mediante la identificación correcta y la caracterización de las especies y poblaciones de interés para la acuicultura.
2. Adquirir las bases biológicas pertinentes para la diversificación y la optimización de la piscicultura de bagres en el sureste asiático.

Desde noviembre 1996, el proyecto «Catfish Asia» fue coordinado por el IRD asociando seis instituciones, de Francia (IRD y CIRAD), Bélgica (Musée Royal de l'Afrique Centrale, Katholieke Universiteit Leuven), Indonesia (Central Research Institute for Fisheries) y Vietnam (Cantho University). El proyecto ha sido financiado por la Unión Europea durante cuatro años y varias acciones de investigación se han continuado desde entonces. Una parte del trabajo fue realizado en cooperación con la empresa Agifish en Vietnam y la participación de la Dirección General de Pesquería en Indonesia, permitiendo posibilidades reales de transferencia rápidas y eficientes de los resultados para ser aplicados en el sector productivo. Esta contribución resume las principales actividades de investigación y los resultados logrados durante el proyecto «Catfish Asia» teniendo como objetivo de hacer el paralelo con los programas de investigación existentes o potenciales sobre la diversidad íctica y la acuicultura en la cuenca Amazónica.

Actividades de Investigación

Las actividades claves planeadas han sido:

- Identificación y caracterización de especies, poblaciones y cepas utilizando tres disciplinas y métodos: morfometría, genética y parasitología (específicamente los monogenos). Los estudios de genética incluyeron diferentes técnicas adaptadas a las metas planteadas: Electroforesis de proteínas, análisis de ADN mitocondrial y análisis de microsatélites del ADN.
- Evaluación y comparación del potencial zootécnico (supervivencia, crecimiento, maduración sexual) utilizando pruebas de cultivo implementadas en estaciones experimentales de piscicultura.
- Identificación de los parámetros ambientales compatibles con el alcance de la madurez gonadal completa de los planteles de reproductores en condiciones

de cultivo y optimización de la reproducción inducida, de la fecundación artificial y de los protocolos de incubación de los huevos.

- Identificación de las presas naturales seleccionadas preferentemente por las larvas, optimización de los métodos de cría de las larvas y determinación de los requerimientos nutricionales de las larvas y de los juveniles.

Principales Resultados

Muchos resultados significativos han sido obtenidos tanto en investigación básica como aplicada. Se pueden resumir de la manera siguiente para los dos campos principales de investigación del proyecto.

Diversidad Biológica

De todos los muestreos llevados a cabo principalmente en Indonesia pero también en Vietnam, Tailandia y Bengladesh, las colecciones de referencia de los bagres de sureste asiático han sido depositados en diferentes museos de Asia y de Europa. Las observaciones en el medio natural permitieron un mejor conocimiento de la biología y del hábitat de estos peces. Las filogenias inferidas del ADN mitocondrial y de las alozimas clarificaron la sistemática de la dos familias de bagres estudiadas y proporcionaron nuevos conocimientos sobre su biogeografía y la evolución (Pouyaud *et al.*, 2000; Gustiano, 2003; Sudarto, 2003). Seis nuevas especies de Pangasiidae han sido descubiertas y cinco otras han sido descritas en Clariidae, basándose en características genéticas y morfológicas (Gustiano *et al.*, 2003, 2004; Pouyaud & Teugels, 2000; Pouyaud *et al.*, 1999, 2002; Sudarto, 2003; Sudarto *et al.*, 2003, 2004; Teugels *et al.*, 1999, 2001). Nuevas claves de identificación para las especies han sido elaboradas y representan herramientas esenciales para evitar una mal identificación de especies utilizadas en acuicultura. También han sido descubiertas alrededor de setenta nuevos parásitos monogenos, la mayoría siendo específicos del huésped (Pariselle *et al.*, 2001a,b, 2002a,b, 2003, 2004). Nueve marcadores microsatelites polimórficos han sido aislados de *Pangasius hypophthalmus* y *Clarias batrachus* (Volckaert *et al.*, 1999). Se ha utilizado el análisis de ADN para identificar la estructuración genética a pequeña escala de algunos Clariidae en la isla de Sumatra. También han permitido delinear el origen de *Clarias gariepinus*, introducidos en Asia desde África, y mostraron altos niveles de endogamia en los planteles de cultivo del sureste asiático.

Acuicultura

Los planteles de las especies de *Pangasius* fueron constituidos a partir de animales salvajes y su robustez, crecimiento y maduración sexual fueron comparados. Este procedimiento permitió la identificación de una nueva especie candidata para la piscicultura en Indonesia (*P. djambal*) (Legendre *et al.*, 2000a). Su reproducción en cautiverio fue obtenida por primera vez, como en otras especies (*P. conchophilus*, *P. kunyit* and *P. larnaudii*) en Vietnam (Legendre *et al.*, 2000a; Cacot & Lazard, 2003; Slembrouck *et al.*, 2003). Las técnicas de reproducción artificial han sido también optimizadas para las especies de *Pangasius* utilizadas anteriormente en piscicultura (*P. hypophthalmus*, *P. bocourti*), resultando en un mejoramiento significativo del manejo de los planteles, de las tasas de eclosión y supervivencia de las larvas (Hung *et al.*, 1999; Kristanto *et al.* 1999; Legendre *et al.*, 1999, 2000a,b; Cacot *et al.*, 2002, 2003; Slembrouck *et al.*, 1999, 2003; Subagja *et al.*, 1999, 2003). Según las especies se obtuvieron informaciones detalladas o preliminares sobre los requerimientos nutricionales (Hung *et al.* 2003, 2004; Suhenda *et al.*, 2004). Nuevos híbridos con características interesantes fueron identificados, en particular en Pangasiidae pero su utilización en piscicultura se enfrenta ahora al problemas de fertilidad y del impacto posible sobre las poblaciones salvajes (Lenormand *et al.*, 1999). El mejor conocimiento sobre la biología de especies claves y la metodologías desarrolladas durante el proyecto ya permitieron un cambio significativo en la producción de bagres cultivados, en particular en Vietnam. En este país, el dominio de la reproducción artificial y la mejora de los métodos de cultivo de los Pangasiidae, permitió aumentar considerablemente la producción anual, de 50 000 toneladas en 1996 a más de 140 000 en 2001 (Cacot & Lazard, 2003).

Conclusión

Este trabajo con bagres asiáticos ha desarrollado un planteamiento multidisciplinario bastante exitoso asociando varias competencias en el campo de la sistemática, genética de poblaciones, parasitología, bio-ecología, fisiología de la reproducción, nutrición y piscicultura. Este tipo de planteamiento a nivel regional es indispensable para conocer correctamente la diversidad biológica y la estructuración poblacional, y permitir un mejor manejo de las poblaciones naturales y de los planteles para cultivo.

Esta estrategia podría ser útil en la perspectiva de la red RIIA (Red de Investigación de la Ictiofauna Amazónica) que también tiene como meta un mejor conoci-

miento de la diversidad íctica y un desarrollo sostenible de la piscicultura en la cuenca Amazónica.

Agradecimientos

Los autores agradecen Jesús Nuñez por la traducción del Inglés al Castellano de este manuscrito.

Referencias

- Cacot, P.; Lazard, J. 2003. Domestication de poissons-chats du Mékong de la famille des Pangasiidae. *INRA Productions Animales*, 17: 195-198.
- Cacot, P.; Legendre, M.; Dan, T. Q.; Hung, L. T.; Liem, P. T.; Mariojouis, C.; Lazard, J. 2002. Induced ovulation of *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880) with a progressive hCG treatment. *Aquaculture*, 213: 199-206.
- Cacot, P.; Eeckhoutte, P.; Muon, D. T.; Trieu, T. T.; Legendre, M.; Lazard, J. 2003. Induced spermiation and milt management in *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880). *Aquaculture*, 215: 67-77.
- Gustiano, R. 2003. Taxonomy and phylogeny of Pangasiidae catfishes from Asia (Ostariophysi, Siluriformes). Ph.D., Thesis Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 296 p.
- Gustiano, R.; Teugels, G. G.; Pouyaud, L. 2003. Revision of the *Pangasius kunyit* catfish complex, with description of two new species from South-East Asia (Siluriformes; Pangasiidae). *Journal of Natural History*, 37: 357-376.
- Gustiano, R.; Teugels, G. G.; Pouyaud, L. 2004. *Pangasius bedado* Roberts, 1999: a junior synonym of *Pangasius djambal* Bleeker, 1846 (Siluriformes, Pangasiidae). *Cybium*, 28: 13-18.
- Hung, L. T.; Tam, B.; Cacot, P.; Lazard, J. 1999. Larval rearing of the Mekong catfish, *Pangasius bocourti* (Pangasiidae, Siluroidei): Substitution of *Artemia* nauplii with live and artificial feed. *Aquatic Living Resources*, 12: 229-232.
- Hung, L. T.; Lazard, J.; Mariojouis, C.; Moreau, Y. 2003. Comparison of starch utilization in fingerlings of two Asian catfishes from the Mekong river (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880, *Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878). *Aquaculture Nutrition*, 9: 215-222.
- Hung, L. T.; Suhenda, N.; Slembrouck, J.; Lazard, J.; Moreau, Y. 2004. Comparison of dietary protein and energy utilization in three Asian catfishes (*Pangasius bocourti*, *P. hypophthalmus* and *P. djambal*). *Aquaculture Nutrition*, 10: 317-326.
- Kristanto, A. H.; Subagja, J.; Slembrouck, J.; Legendre, M. 1999. Effects of egg incubation techniques on hatching rates, hatching kinetics and survival of larvae in the Asian catfish *Pangasius hypophthalmus* (Siluroidei, Pangasiidae). In: Legendre M.; Pariselle

- A. (Eds). The biological diversity and aquaculture of clariid and pangasiid catfishes in south-east Asia. Proceedings of the mid-term workshop of the «Catfish Asia Project», 11-15 May 1998, Cantho, Vietnam. p. 107-112.
- Lenormand, S.; Slembrouck, J.; Pouyaud, L.; Subagja, J.; Legendre M. 1999. Evaluation of hybridization in five *Clarias* species (Siluroidei, Clariidae) of African (*C. gariepinus*) and Asian origin (*C. batrachus*, *C. meladerma*, *C. nieuhofii* and *C. teijsmanni*). In: Legendre, M.; Pariselle, A. (Eds). The biological diversity and aquaculture of clariid and pangasiid catfishes in south-east Asia. Proceedings of the mid-term workshop of the «Catfish Asia Project», 11-15 May 1998, Cantho, Vietnam. p. 195-210.
- Legendre, M.; Subagja, J.; Slembrouck, J. 1999. Absence of marked seasonal variations in sexual maturity of *Pangasius hypophthalmus* brooders held in ponds at the Sukamandi station (Java, Indonesia). In: Legendre, M.; Pariselle, A. (Eds). The biological diversity and aquaculture of clariid and pangasiid catfishes in south-east Asia. Proceedings of the mid-term workshop of the «Catfish Asia Project», 11-15 May 1998, Cantho, Vietnam. p. 91-96.
- Legendre, M.; Pouyaud, L.; Slembrouck, J.; Gustiano, R.; Kristanto, A. H.; Subagja, J.; Komarudin, O.; Sudarto; Maskur, 2000a. *Pangasius djambal*: a new candidate species for fish culture in Indonesia. *IARD Journal*, 22: 1-14.
- Legendre, M.; Slembrouck, J.; Subagja, J.; Kristanto, A. H. 2000b. Ovulation rate, latency period and ova viability after GnRH- or hCG-induced breeding in the Asian catfish *Pangasius hypophthalmus* (Siluriformes, Pangasiidae). *Aquatic Living Resources*, 13: 145-151.
- Pariselle, A.; Lim, L. H. S.; Lambert, A. 2001a. Monogeneans from Pangasiidae (Siluriformes) in Southeast Asia: I. Five new species of *Thaparocleidus* Jain, 1952 (Ancylo-discoidinae) from *Pangasius pangasius*, *P. kinabatanganensis*, *P. rheophilus* and *P. nieuwenhuisii*. *Parasite*, 8: 127-135.
- Pariselle, A.; Lim, L. H. S.; Lambert, A. 2001b. Monogeneans from Pangasiidae (Siluriformes) in Southeast Asia: II: Four new species of *Thaparocleidus* Jain, 1952 (Ancylo-discoidinae) from *Pangasius humeralis*. *Parasite*, 8: 317-324.
- Pariselle, A.; Lim, L. H. S.; Lambert, A. 2002a. Monogeneans from Pangasiidae (Siluriformes) in Southeast Asia: III: Five new species of *Thaparocleidus* Jain, 1952 (Ancylo-discoidinae) from *Pangasius bocourti*, *P. djambal* and *P. hypophthalmus*. *Parasite*, 9: 207-217.
- Pariselle, A.; Lim, L. H. S.; Lambert, A. 2002b. Monogeneans from Pangasiidae (Siluriformes) in Southeast Asia: IV: Five new species of *Thaparocleidus* Jain, 1952 (Ancylo-discoidinae) from *Pangasius krempfi*, *P. kunyit*, *P. mekongensis* and *P. sabahensis*. *Parasite*, 9: 315-324.
- Pariselle, A.; Lim, L. H. S.; Lambert, A. 2003. Monogeneans from Pangasiidae (Siluriformes) in Southeast Asia: V: Five new species of *Thaparocleidus* Jain, 1952 (Ancylo-discoididae) from *Pangasius nasutus*. *Parasite*, 10: 317-323.

- Pariselle, A.; Euzet, L.; Lambert, A. 2004. Monogeneans from Pangasiidae (Siluriformes) in Southeast Asia: VI. *Pangasitrema camillae* n. g. n. sp. (Monogenea, Ancylo-discoididae) from *Pangasius polyuranodon*. *Parasite*, 11: 212-220.
- Pouyau, L.; Teugels, G. G. 2000. Description of a new pangasiid catfish from Northeast Kalimantan, Indonesia (Siluriformes, Pangasiidae). *Ichthyology Exploration Freshwaters*, 11: 193-200.
- Pouyau, L.; Teugels, G. G.; Legendre, M. 1999. Description of a new pangasiid catfish from south-east Asia (Siluriformes, Pangasiidae). *Cybium*, 23: 247-258.
- Pouyau, L.; Teugels, G. G.; Gustiano, R.; Legendre, M. 2000. Contribution to the phylogeny of pangasiid catfish (Siluriformes, Pangasiidae) based on allozymes and mitochondrial DNA. *Journal of Fish Biology*, 56: 1509-1538.
- Pouyau, L.; Gustiano, R.; Teugels, G. G. 2002. Systematic revision of *Pangasius polyuranodon* (Siluriformes, Pangasiidae) with description of two new species. *Cybium*, 26: 243-252.
- Slembrouck, J.; Hung, L. T.; Subagja, J.; Legendre, M. 1999. Effects of prey quality, feeding level, prey accessibility and aeration on growth and survival of *Pangasius hypophthalmus* larvae (Siluroidei, Pangasiidae). In: Legendre, M.; Pariselle, A. (Eds). The biological diversity and aquaculture of clariid and pangasiid catfishes in south-east Asia. Proceedings of the mid-term workshop of the «Catfish Asia Project», 11-15 May 1998, Cantho, Vietnam. p. 137-146.
- Slembrouck, J., Komarudin, O., Maskur, Legendre, M. (Eds). 2004. *Technical manual for the artificial propagation of the Indonesian catfish, Pangasius djambal*. IRD-BKP Edition, ISBN 979-8186-92-3, 131 p.
- Subagja, J.; Slembrouck, J.; Hung, L. T.; Legendre, M. 1999. Larval rearing of an Asian catfish *Pangasius hypophthalmus* (Siluroidei, Pangasiidae): Analysis of precocious mortality and proposition of appropriate treatments. *Aquatic Living Resources*, 12: 37-44.
- Subagja, J.; Sudarto; Slembrouck, J. 2003. Ration spermatozoa dengan telur pada pembuahan buatan *Pangasius djambal* (Pangasiidae) setelah di suntik dengan Gonadotropin realizing hormone-analog (SGNRh-a) dan Domperidon. *Jurnal Akuakultur*, IPB, Bogor, Indonesia, 2: 55-59.
- Sudarto, 2003. Systematic revision and phylogenetic relationships among populations of clariid species in southeast Asia. Ph.D. Thesis University of Indonesia, Jakarta, Indonesia, 372 p.
- Sudarto; Teugels, G. G.; Pouyau, L. 2003. Description of two new *Clarias* species from Borneo (Siluriformes, Clariidae). *Cybium*, 27: 153-161.
- Sudarto; Teugels, G. G.; Pouyau, L. 2004. Description of a new clariid catfish, *Clarias pseudonieuhofii* from west Borneo (Siluriformes, Clariidae). *Zoological Studies*, 43: 8-19.

- Suhenda, N.; Tahapari, E.; Slembrouck, J.; Moreau, Y. 2004. Retensi protein dan pemanfaata energi pada benih man patin djambal (*Pangasius djambal*) yang diberi pakan berprotein tinggi. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 10: 65-69.
- Teugels, G. G.; Diego, R. C.; Pouyaud, L.; Legendre, M. 1999. Redescription of *Clarias macrocephalus* (Siluriformes, Clariidae) from South-East Asia. *Cybium*, 23: 285-295.
- Teugels, G. G.; Sudarto; Pouyaud, L. 2001. Description of a new *Clarias* species from Southeast Asia based on morphological and genetical evidence (Siluriformes ; Clariidae). *Cybium*, 25: 81-92.
- Volckaert, F. A.; Hellemans, B.; Pouyaud, L. 1999. Nine polymorphic microsatellite markers in the catfishes *Pangasius hypophthalmus* and *Clarias batrachus*. *Animal Genetics*, 30: 283-284.

SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EN LOS TALLERES GRÁFICOS DE
TAREA ASOCIACIÓN GRÁFICA EDUCATIVA
PASAJE MARÍA AUXILIADORA 156 - BREÑA
CORREO E. : TAREAGRAFICA@TERRA.COM.PE
TELÉF. 332-3229 FAX: 424-1582
MARZO DE 2006, LIMA - PERÚ