

ISSN 1018 - 5674

FOLIA Amazónica

VOL. 18

Nº 1 - 2

Enero - Diciembre 2009



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
DE LA AMAZONÍA PERUANA

IQUITOS - PERÚ

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA

DIRECTORIO

Luis E. Campos Baca	Presidente
Herman B. Collazos Saldaña	Vicepresidente
Keneth Reátegui del Águila	Miembro
Héctor G. Valcárcel Toullier	Miembro
José A. López Ucarieque	Miembro
Róger Beuzeville Zumaeta	Gerente general

COMITÉ EDITORIAL

Luis W. Gutiérrez Morales	Presidente
Filomeno Encarnación Cajañaupa	Miembro
Jorge Gasché Swess	Miembro
Fred Chu Koo	Miembro
José Álvarez Alonso	Miembro
Carmen R. García Dávila	Miembro
César A. Delgado Vásquez	Miembro
Dennis del Castillo Torres	Miembro

FOLIA AMAZÓNICA

Vol. 18 N° 1 - 2
2009

Impresión:

Imprenta Imagen Amazonia Servicios Múltiples E.I.R.L.
Av. José Abelardo Quiñones km 2, Iquitos

Diseño y diagramación:

German Vela Tello

ISSN 1018 - 5674

© IIAP

Av. José A. Quiñones km. 2,5

Apartado 784, teléfono: (065) 265515 - 265516, fax: (065) 265527, Iquitos, Perú

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

SUMARIO

BIOLOGÍA Y PESCA

Aurea GARCÍA, Homero SÁNCHEZ, Ronald RODRÍGUEZ, Víctor MONTREUIL, Gladys VARGAS, Salvador TELLO, Fabrice DUPONCHELLE. Hábitos alimenticios del dorado *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnau, 1855) en la Amazonía Peruana.....7

Fernando ALCÁNTARA, Fred CHU, Luciano RODRIGUEZ, Carlos CHÁVEZ, Alfonso BERNUY, Teddy BARBARÁN, Salvador TELLO, Germán MURRIETA, Carmen GARCÍA-DÁVILA, Jesús NUÑEZ. Notas sobre la biología y pesca del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) en el río Amazonas, Perú.....17

GENÉTICA

Mike CORAZON-GUIVIN, Diana CASTRO-RUIZ; Werner CHOTA-MACUYAMA; Ángel RODRÍGUEZ, Danter CACHIQUE, Emma MANCO; Dennis DEL-CASTILLO, Jean-François RENNO, Carmen GARCÍA-DÁVILA. Caracterización genética de accesiones sanmartinenses del banco nacional de germoplasma de sachu inchi *Plukenetia volubilis* L. (E.E. El Porvenir – INIA).....23

Diana CASTRO-RUIZ, Sophie QUEROUIL, Etienne BARAS, Werner CHOTA-MACUYAMA, Fabrice DUPONCHELLE, Jesús NUÑEZ, Jean-François RENNO, Carmen GARCÍA-DÁVILA. Determinación de parentesco en larvas de *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) producidas en cautiverio.....33

Evelyn REÁTEGUI-ZIRENA, Jean-François RENNO, Fernando CARVAJAL VALLEJOS, Ronald CORVERA, Dennis DEL-CASTILLO, Carmen GARCÍA-DÁVILA. Evaluación de la variabilidad genética de la castaña *Bertholletia excelsa* en la región de Madre de Dios (Perú), mediante marcadores microsatélites.....41

MANEJO Y CONSERVACIÓN

Gustavo TORRES VASQUEZ, Evelin RODRIGUEZ REATEGUI, Cesar DELGADO VASQUEZ, Dennis DEL CASTILLO TORRES. Cosecha de cashavara *Desmoncus polyacanthos* MARTIUS, en los bosques inundables de la Amazonia Peruana.....51

Fernando ALCÁNTARA, Fred CHU-KOO, Luciano RODRÍGUEZ, Carlos CHÁVEZ, Salvador TELLO, Aurea GARCÍA, Germán MURRIETA, Jorge MORI, Jesús NUÑEZ, Carmen GARCÍA-DÁVILA, Fabrice DUPONCHELLE. Plan de manejo del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) en la Amazonía Peruana.....59

PISCICULTURA

Miriam Adriana ALVÁN-AGUILAR, Yamile BENAION ALENCAR, Elsa RODRIGUES HARDY, Fred CHU-KOO. Alimentação de juvenis da sardinha papuda *Triportheus flavus* (osteichthyes, characidae) no periodo de cheia, no lago camaleão (Amazonas, Brasil).....67

Olaff RIBEYRO SCHULT, Franco GUERRA GRÁNDEZ, Luciano RODRÍGUEZ CHU, Rosa ISMIÑO ORBE, Jesús NUÑEZ, Fred CHU-KOO. Crecimiento y utilización de alimento en alevinos de arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* alimentados con tres frecuencias alimenticias.....75

Franco GUERRA GRANDEZ, Fabiola LOZANO ANCANI, Carmen GARCÍA-DÁVILA, Luciano RODRÍGUEZ CHU, Rosana CUBAS GUERRA, David PANDURO TAFUR, Fred CHU-KOO. Efecto de tres frecuencias de alimentación en el crecimiento, utilización de alimento y sobrevivencia de juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766).....81

Prysila CASADO DEL CASTILLO, Luciano RODRÍGUEZ CHU, Fernando ALCÁNTARA BOCANEGRA, Fred CHU-KOO. Evaluación del trigo regional *Coix lacryma-jobi* (POACEAE) como insumo alimenticio para gamitana *Colossoma macropomum*.....89

Jimmy TAFUR GONZALES, Fernando ALCÁNTARA BOCANEGRA, Marina DEL ÁGUILA PIZARRO, Rosana CUBAS GUERRA, Luis MORI-PINEDO, Fred CHU-KOO. Paco *Piaractus brachipomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el bujurqui-tucunaré, *Chaetobranchius semifasciatus* (CICHLIDAE).....97

PRESENTACIÓN

La *Folia Amazónica*, revista oficial del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, es el primer órgano de difusión científica escrita de la región Amazónica. Publica artículos sobre ciencia básica y aplicada en las diferentes áreas de competencia de la institución, así como de otras instituciones amazónicas a nivel regional, nacional e internacional. Su principal objetivo es difundir información relevante que contribuya a la conservación y manejo sostenido de los recursos amazónicos.

La revista *Folia Amazónica*, pretende ser el nexo entre la comunidad científica, los decisores de política y el público en general. Llevando hasta ellos información actualizada y con el rigor científico necesario para el mejor conocimiento de los recursos, tanto a nivel particular como desde un punto de vista global. Contribuyendo así a la preservación y el adecuado uso de los recursos naturales en esta extensa región.

La revista *Folia Amazónica* en su volumen 18 engloba nueve artículos científicos relacionados a la piscicultura, evaluación y manejo de los recursos acuáticos y tres artículos sobre el manejo y conservación de los recursos vegetales amazónicos tales como las fibras, la castaña y el sacha inchi.

LUIS CAMPOS BACA
Presidente del IIAP

HÁBITOS ALIMENTICIOS DEL DORADO *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnaud, 1855) EN LA AMAZONÍA PERUANA

Aurea GARCÍA¹, Homero SÁNCHEZ^{1,3}, Ronald RODRÍGUEZ², Víctor MONTREUIL³, Gladys VARGAS¹, Salvador TELLO¹, Fabrice DUNPOCHELLE⁴.

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos - AQUAREC.
- 2 Gobierno Regional de Loreto, Programa de Conservación, Gestión y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica de Loreto – PROCREL.
- 3 Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP.
- 4 Institut de Recherche pour le Développement (IRD) - UMR-ISEM (Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier)

RESUMEN

Para este estudio se analizaron 1309 estómagos de dorado *Brachyplatystoma rousseauxii* provenientes de la flota pesquera especializada en grandes bagres, que operan en las cuencas de los ríos Ucayali, Marañón y Amazonas en Perú. Durante el período de estudio solo el 13% (172) de los estómagos analizados contenían alimento. Nuestros resultados indican que los alimentos consumidos por *B. rousseauxii*, se reparten en tres categorías de ítems: Peces, vegetales e insectos. Los ítems alimentarios que ocurrieron con mayor frecuencia, fueron peces (61.8%) y vegetales (42.8%) a diferencia del ítem insecto que representa el 1.2% del total. Sin embargo, las estimaciones del porcentaje de masa indican que el pescado constituye el elemento básico en la dieta de esta especie, ya que representa el 98% del alimento ingerido en relación a los ítems vegetales (1.9%) e insectos (0.1%). Los peces observados en el contenido del estómago están constituidos básicamente por 12 familias: Curimatidae, Characidae, Pimelodidae, Hypophtalmidae, Engraulidae, Prochilodontidae, Cynodontidae, Loriicaridae, Anostomidae, Auchenipteridae, Cetopcidae y Dorididae. En relación a las épocas del año, la mayor actividad alimenticia de dorado coincide con el descenso de las aguas incluyendo el mínimo nivel del río.

PALABRAS CLAVES: Contenido estomacal, *Brachyplatystoma rousseauxii*, amazonía peruana, carnívoro, ítems alimentarios.

FOOD HABITS OF THE DORADO *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnaud, 1855) IN THE PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT

For this report, we analyzed 1309 stomachs of dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) provided by the fishing fleet specializing in large catfish, which operate in the basins of the Ucayali, Marañón and Amazon rivers in Peru. During the study period, only 13% (172) of the stomachs examined contained food. Our results indicate that the food consumed by *B. rousseauxii* comprises three classes: fish, vegetation and insects. In count-surveys fish (61.8%) and vegetation (42.8%) were most abundant, while insects represented just 1.2% of the total. However, estimates of percentage by mass indicate that fish are a dietary staple in this species, comprising 98% of stomach contents (vegetation represents 1.9% and insects 0.1%). Fish observed in stomach contents were drawn from 12 families: Curimatidae, Characidae, Pimelodidae, Hypophtalmidae, Engraulidae, Prochilodontidae, Cynodontidae, Loriicaridae, Anostomidae, Auchenipteridae, Cetopcidae and Dorididae. In relation to the seasons, the highest feeding activity for dorado coincides with the advent of low-water, and includes the period of minimum water level.

KEYWORDS: Stomach contents, *Brachyplatystoma rousseauxii*, Peruvian Amazon, carnivore, food items.

INTRODUCCIÓN

La familia Pimelodidae, conocida como peces “de cuero”, es numerosa, muy diversificada y de amplia distribución, encontrándose en gran parte de la Amazonía continental. La mayoría de las especies de este importante grupo presenta costumbres nocturnas y realizan movimientos migratorios a lo largo y ancho de la cuenca amazónica en búsqueda de mejores áreas de alimentación y desove. Con frecuencia, se les encuentra persiguiendo a los cardúmenes de los peces “de escama”, como boquichico *Prochilodus nigricans*, llambina *Potamorhina altamazonica*, yahuarachi *Potamorhina latior*, ractacara *Psectrogaster amazonica*, entre otros (Goulding, 1979)

Una de las características más importantes de las poblaciones de peces en la Amazonía es la abundancia de especies predatoras, siendo los grandes bagres de la familia Pimelodidae los más representativos y, dentro de ellos, destaca el dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*, considerado como una de los más grandes peces migradores de la Amazonía continental (Barthem & Goulding 1997). Se cree que esta especie desova en las cabeceras de los afluentes del río Amazonas, desde donde las larvas son transportados por la corriente del río, recorriendo miles de kilómetros hasta la zona del estuario (migración pasiva), donde pasan los primeros años de vida, para luego retornar a los lugares de desove, madurando en camino (Barthem *et al.*, 1991; Barthem & Goulding, 1997, 2007; Alonso, 2002). Esta especie presenta índices de fecundidad elevados, produciendo hasta más de un millón de huevos y un promedio de ~24 000 huevos por kg (Salinas, 1994; García *et al.*, 2009a). No obstante su alta fecundidad, es difícil capturar ejemplares pequeños (alevinos) por lo que alcanzan altos precios en el mercado internacional de peces ornamentales. Se asume, que esta alta fecundidad puede favorecer una tasa elevada de recuperación de las poblaciones naturales, sin embargo, la mortalidad natural es un factor limitante debido a la ausencia de cuidado parental (Valderrama *et al.*, 1988).

El dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*, es una de las principales especies de grandes bagres que sustenta parte de la pesquería en la región, sin embargo, sus desembarques han disminuido de manera significativa desde el principio de los años noventa, cuando representaba ~5% de los desembarques totales, hasta representar solamente 0.4% en 2006, ocupando el décimo octavo lugar en la composición de especies desembarcadas (García *et al.*, 2009b). A pesar de su importancia, son escasos los estudios relacionados sobre su biología en la Amazonía peruana, los únicos existentes estando basados en datos de 1995 a 1999 (García *et al.*, 1996, 2009a), lo que dificulta la

implementación de estrategias de conservación y uso sostenible de esta especie. El propósito de este documento es proporcionar información relacionada con la dinámica de su alimentación y servir como un indicador biológico que ayudaría a mejorar las posibilidades de manejo y regulación de su pesquería en la Amazonía peruana.

MATERIAL Y MÉTODOS

MUESTREO DE PECES

Se colectó la información entre mayo de 1995 y julio de 1997, con excepción del periodo comprendido entre enero y junio de 1996. La recopilación de datos fue realizada todos los días (excepto los domingos) en el mercado de la ciudad de Iquitos - Loreto. Los peces provinieron de la flota pesquera especializada en grandes bagres, que operan en las cuencas de los ríos Ucayali, Marañón y Amazonas peruano.

De cada ejemplar fue registrado la longitud total, horquilla, estándar (cm), peso (g) y sexo. El peso del contenido estomacal se determinó en fresco para cada uno de los estómagos colectados y fueron conservados individualmente en formol al 10% neutralizado. Paralelamente se registró el grado de digestión del contenido estomacal (Tresierra & Culquichicón, 1993).

MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los contenidos estomacales se utilizaron dos métodos, frecuencia de ocurrencia y gravimétrico (Tresierra & Culquichicón, 1993). El resultado por método fue expresado en porcentaje respecto al total de cada método.

Los ítems alimentarios fueron agrupados en tres grandes categorías: Peces, vegetales e insectos. Los peces fueron identificados hasta especie y en algunos casos a nivel de familia, con el apoyo de un especialista, además de claves y descripciones bibliográficas de las especies. Los vegetales (hojas y tallos), e insectos fueron agrupados en grandes grupos.

La información sobre nivel del agua (río Amazonas) fue proporcionada por el Servicio de Hidrografía y Navegación de la Amazonía (Ministerio de Defensa, Marina de Guerra del Perú).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De un total de 1,309 estómagos analizados de *Brachyplatystoma rousseauxii*, un reducido número, 13% (172), presento alimento, mientras que el 87% (1137) estuvieron sin alimento (Figura 1). Este resultado puede ser explicado por la característica de los peces depredadores que suelen regurgitar grandes

cantidades de alimento, vaciando su estómago con facilidad (Steward, 1983). En nuestro caso la regurgitación podría estar relacionada con el método de captura, el cual en los especímenes de mediano porte es realizado con redes agalleras, que produciría la eliminación del contenido estomacal durante la captura.

COMPOSICIÓN DEL ALIMENTO

La actividad alimentaria de una determinada especie se encuentra íntimamente relacionada a su condición fisiológica (Almeida, 1984). Los pimelódidos corresponden a niveles tróficos altos, siendo en su mayoría predadores que se alimentan predominantemente de cardúmenes de carácidos (Goulding, 1979; Smith, 1979; Rodríguez, 1991; Barthem & Goulding, 1997). Nuestros resultados muestran que la composición del alimento del dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*, esta conformada por tres categorías de ítems: Peces, vegetales e insectos. De acuerdo al método de la frecuencia utilizada los peces (61.8%) y vegetales (42.8%) fueron los ítems alimentarios que ocurrieron con mayor frecuencia durante todo el período de estudio, a diferencia de los insectos que solo representan el 1.2% (Figura 2). No obstante, la estimación porcentual en peso de los contenidos estomacales indicó que los peces constituyen el elemento básico en la dieta de la especie ya que representa el 98% del alimento ingerido en relación a los vegetales (1.9%) e insectos (0.1%), (Figura 3). La ocurrencia de restos vegetales (tallos y hojas) en la alimentación de esta especie, probablemente sea accidental por estar asociada a la ingestión de sus presas (Ball, 1961; citado en Caramashi, 1979).

El dorado por ser una especie básicamente piscívora se alimenta de una gran variedad de peces: veinte especies fueron encontradas en los contenidos estomacales analizados (Tabla 1). Estas especies

pertenecen básicamente a 12 familias: Curimatidae, Characidae, Pimelodidae, Hypophtalmidae, Engraulidae, Prochilodontidae, Cynodontidae, Loriicaridae, Anostomidae, Auchenipteridae, Cetopidae y Dorididae (Tabla 1). Los peces pertenecientes a las familias Curimatidae y Characidae, representan los principales componentes de este ítem en la dieta de dorado con 61.5% (Figura 4).

Resultados similares fueron encontrados por Torres (1974) para la amazonía peruana quien reporta que dorado se alimenta básicamente de 16 especies de peces, entre los más importantes figuran palometa *Mylossoma duriventris*, sardina *Triporthus* sp y ractacara *Psectrogaster rutiloides* pertenecientes a las familias Characidae y Curimatidae respectivamente.

Las especies pertenecientes a las familias restantes representan solo el 23.7%. Un 14.8% del total del ítem peces no pudo ser identificado, por estar constituido por restos de peces en proceso de digestión avanzada (escamas, espinas y huesos de la columna vertebral).

En relación a las épocas del año, la mayor actividad alimenticia del dorado coincide con el descenso de las aguas incluyendo el mínimo nivel del río que es reportado para el mes de setiembre (Figura 5). Mes en el que se encontró los índices más altos de estómagos con alimento con 38% (setiembre 1995) y 19% (setiembre 1996). El período de aguas bajas se caracteriza por una mayor disponibilidad de alimento para especies predatoras como el dorado, debido a que las poblaciones de peces presa se concentran en el canal principal del río por la retracción de las aguas, volviéndose más vulnerables a las especies predatoras (Agudelo *et al.*, 2000). Este período también coincide con el período de reproducción del dorado en el Loreto (García *et al.*, 2009a), período durante el cual los peces necesitan grandes cantidades de alimento para sustentar el gasto energético relacionado a la maduración de las gónadas.

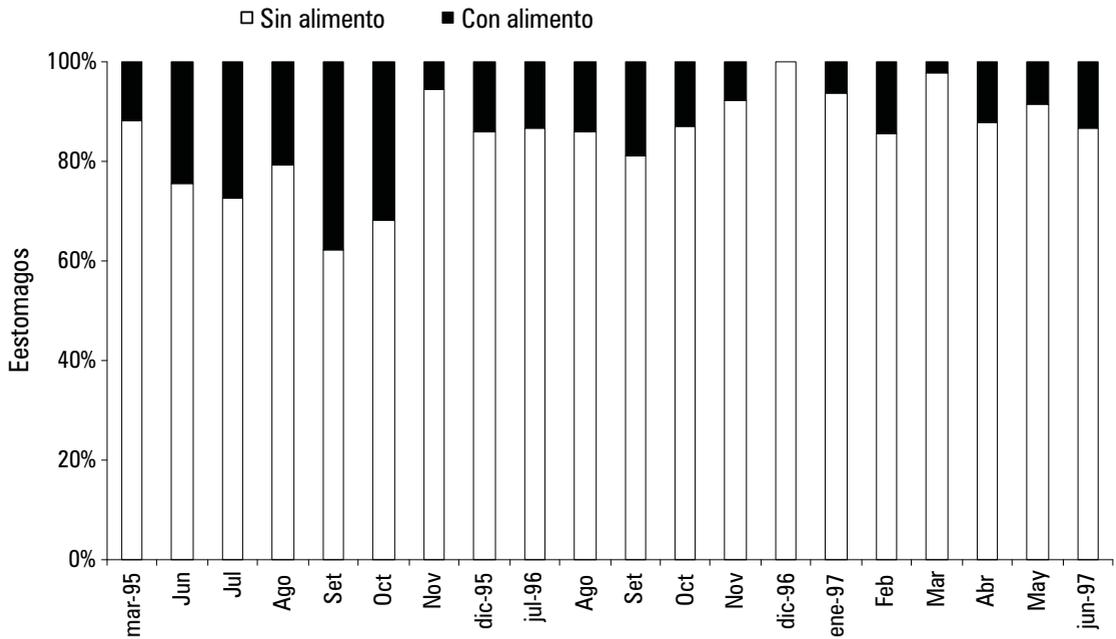


Figura 1. Porcentaje de estómagos con y sin alimento encontrado en los especímenes de dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*, analizados durante el período de estudio.

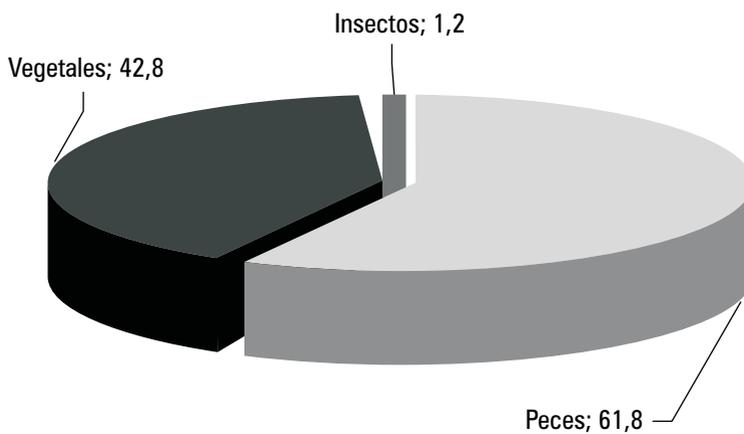


Figura 2. Frecuencia de ocurrencia (en %) de los ítems alimenticios encontrados para los especímenes analizados de dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*.

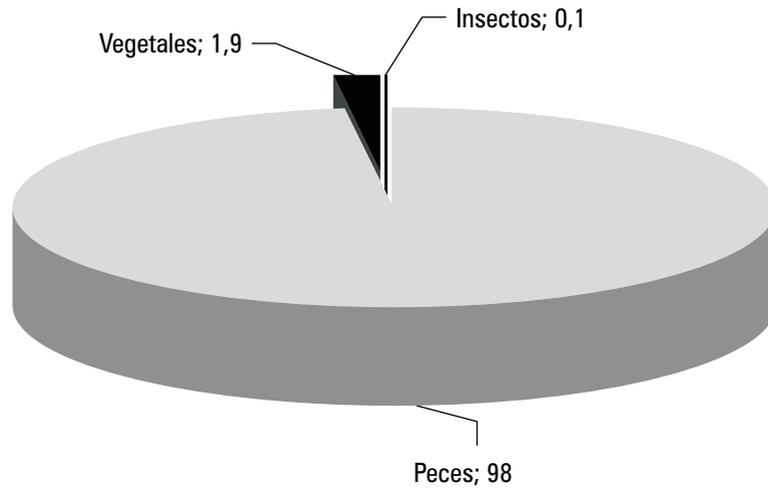


Figura 3. Porcentaje (en peso) de los ítems alimenticios encontrados para los especímenes analizados de dorado *Brachyplatystoma rousseauxii* (método gravimétrico).

Tabla 1. Especies de peces que conformaron la dieta de los especímenes analizados de dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*.

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	FAMILIA
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	maparate leguia	Auchenipteridae
<i>Cetopsis coecutiens</i>	canero	Cetopsidae
<i>Curimata sp</i>	ractacara	Curimatidae
<i>Hydrolycus scomberoides</i>	huapeta	Cynodontidae
<i>Hypophthalmus edentatus</i>	maparate	Pimelododae
<i>Hypoptopoma sp</i>	carachama	Loricariidae
<i>Lycengraulis sp</i>	cachete	Engraulidae
<i>Mylossoma duriventris</i>	palometa	Characidae
<i>Pinirambus sp</i>	mota	Pimelododae
<i>Pimelodus sp</i>	cunchi	Pimelododae
<i>Platysilurus barbatus</i>	bagre	Pimelododae
<i>Potamorhina altamazonica</i>	llambina	Curimatidae
<i>Potamorhina latior</i>	yahuarachi	Curimatidae
<i>Prochilodus nigricans</i>	boquichico	Prochilodontidae
<i>Psectrogaster amazonica</i>	ractacara	Curimatidae
<i>Psectrogaster rutiloides</i>	chio chio	Curimatidae
<i>Schizodon fasciatus</i>	lisa	Anostomidae
<i>Tetragonopterus sp</i>	mojara	Characidae
<i>Triporthesus angulatus</i>	sardina	Characidae
<i>Triporthesus sp</i>	sardina	Characidae

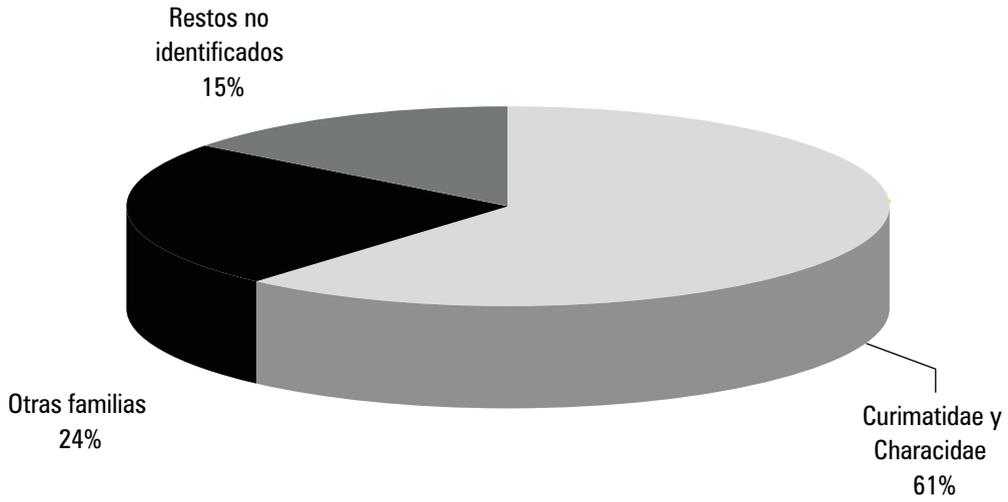


Figura 4. Porcentaje (en peso) de los ítems peces encontrados en los estómagos analizados del dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*.

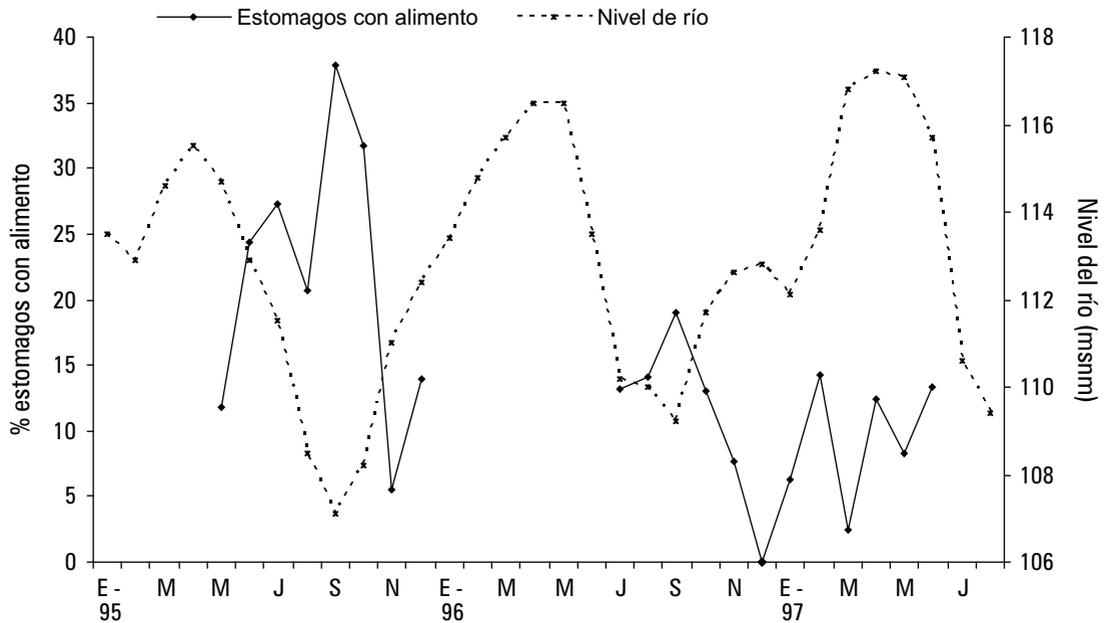


Figura 5. Porcentaje de estómagos con alimento de *Brachyplatystoma rousseauxii*, en relación con las variaciones del nivel del agua.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alonso, J. C. 2002. Padrão espaço-temporal da estrutura populacional e estado actual da exploração pesqueira da dourada *Brachyplatystoma flavicans*, Castelnau, 1855 (Siluriformes: Pimelodidae), no sistema estuário-Amazonas-Solimões. Tese de doutorado em Ciências Biológicas, UFAM/INPA, Manaus, Brazil. 217 pp.
- Barthem, R.; Goulding, M. 1997. The Catfish Connection. Ecology, Migration and Conservation of Amazon Predators. Columbia University Press New York. 144 pp.
- Barthem, R. & Goulding, M. 2007. Un ecosistema inesperado: la Amazonia revelada por la pesca. Lima: Meseu Paraense Emilio Goeldi, Amazon Conservation Association (ACA). 241 pp.
- Barthem, R. B., Ribeiro, M. C. L. D. B. & Petrere, M. J. (1991). Life strategies of some long-distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation* 55: 339-345.
- Caramashi, E. 1979. Reproducao e Alimentacao de *Hoplias malabaricus* (Block, 1794), na Represa do Rio Pardo (Botucatu, SP) (Osteichthyes, Cypriformes, Erythrinidae). Tese de Maestrado. Departamento Ciencias Bilógicas. Sao Carlos, Sao Paulo. 145 pp.
- 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.
- García, A.; Alonso, J. C.; Carvajal, F.; Moreau, J.; Nuñez, J.; Renno, J. F.; Tello, S.; Montreuil, V.; Duponchelle, F. 2009a. Life-history characteristics of the large Amazonian migratory catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Iquitos region, Peru. *Journal of Fish Biology* 75, 2527-2551.
- García, A.; Tello, S.; Vargas, G.; Duponchelle, F. 2009b. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry* 35, 53-67.
- Goncalves, R. 1984. Biología Alimentar de Tres especies de *Triporthus* (Pisces: Characoideil, Characidae), do Lago do Castanho Amazonas. *Acta Amazónica*, 14 (1 - 2): 48 - 76.
- Goulding, M. 1979. Ecología da Pesca do Río Madeira. INPA. Brasil. 172 pp.
- Rodríguez, C. 1991. Bagres, malleros y cuerderos en el bajo río Caqueta. Volumen 2. Tropembos - Colombia. 152 pp.
- Salinas, Y. 1994. Aspectos de la Biología Pesquera de las Poblaciones de Grandes "bagres" (Ostariophysi: Siluriformes, Pimelodidae), en el Sector Colombiano del Río Amazonas. Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología. Departamento de Biología. Santa Fe de Bogotá - Colombia. 156 pp.
- Smith, N. 1979. A Pesca no Río Amazonas. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazonia - Manaus. Brasil. 152 pp.
- Tressierra, A.; Culquichicon, Z. 1993. Biología Pesquera. Primera Edición. Editorial Libertad. Trujillo - Perú. 417 pp.
- Torres, R. 1974. Contenido Estomacal de "dorado" *Brachyplatystoma flavicans* (Castelnau, 1855). Tesis Para Optar el Título de Biólogo. Presentado al Programa Académico de Bio-medicas. Universidad Nacional de la amazonía Peruana. Iquitos - Perú. 28 pp.
- 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 conreferencia a las tallas medias de captura del bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) Linnaeus 1766 (Pisces: Pimelodidae), en la cuenca del río Magdalena, Colombia. Trianea, *Acta Científica Tecnológica*. - INDERENA (2): 537-549 pp.

NOTAS SOBRE LA BIOLOGÍA Y PESCA DEL ZÚNGARO TIGRINUS *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) EN EL RÍO AMAZONAS, PERÚ

Fernando ALCÁNTARA¹, Fred CHU¹, Luciano RODRIGUEZ¹, Carlos CHÁVEZ¹, Alfonso BERNUY¹, Teddy BARBARÁN¹, Salvador TELLO¹, Germán MURRIETA², Carmen GARCÍA-DÁVILA¹, Jesús NUÑEZ³

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (AQUAREC), Carretera Iquitos–Nauta, Km 4.5. Iquitos, Perú, E.mail : fab_001@hotmail.com
- 2 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana - UNAP. Escuela de Post Grado. Cátedra CONCYTEC. Maestría en Acuicultura. Iquitos, Perú.
- 3 Institut de Recherche pour le Développement-IRD. 175 Caviar, BP 5095, 34196 Montpellier cedex 05, France.

RESUMEN

El zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* es un pez Pimelodido que habita principalmente las aguas lóaticas de los grandes ríos neotropicales entre ellos el Amazonas, el Marañón y el Ucayali. Los alevinos de *B. tigrinum* son un componente importante del mercado internacional de peces ornamentales, y los adultos se consumen localmente. La mayoría de la pesca se realiza con redes, que varían en tamaño (de 300 x 15 brazos largos para los peces adultos y redes bolicheras de ¼ de pulgada de malla, de 40 a 50 m de longitud y dos a tres brazas para alevinos). La captura se realiza con redes de diversos tamaños (300 x 15 brasas para peces adultos). La relación entre la longitud y el peso del zúngaro tigrinus adulto, recientemente capturado, responde a la ecuación $W(t) = 0.0034433L_t^{3.19027953}$ ($r = 0.98283632$), lo que indica una tendencia de crecimiento isométrico, la especie presenta un factor de condición de $0,77 \pm 0,12$. La reproducción tiene lugar al final de la temporada de vaciante de las aguas bajas y comienzo de la creciente; cerca de Iquitos, esto ocurre entre noviembre y febrero. La reproducción tiene lugar al final de la temporada de vaciante de las aguas bajas y comienzo de la creciente; cerca de Iquitos, esto ocurre entre noviembre y febrero. Cuando se cultiva en estanques de agua negra, *B. tigrinum* mostró una alta incidencia del parasitismo *Argulus pestifer* (crustácea). Aspectos fundamentales de la biología de esta especie son aun desconocidos, incluida la conducta de alimentación y reproducción, así como las interacciones con los parásitos y patógenos.

PALABRAS CLAVE: Zúngaro tigrinus, *Brachyplatystoma tigrinum*, bioecología, pesca, parasitismo

NOTES ON THE BIOLOGY AND RESOURCE STATUS OF ZÚNGARO TIGRINUS *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) IN THE AMAZON RIVER, PERU

ABSTRACT

The zúngaro tigrinus (*Brachyplatystoma tigrinum*) is a Pimelodid fish that inhabits mainly lotic waters of large neotropical rivers including the Amazon, Marañón and Ucayali. The fry of *B. tigrinum* are an important constituent of the international ornamental fish market, and the adults are consumed locally. Most fishing is accomplished with nets, which vary in size (from 300 x 15 arm-lengths for adult fish to seine nets of ¼ inch mesh, 40 to 50 m long and 2 to 3 coals for juveniles). The relationship between length and weight of fresh-captured *B. tigrinum* is represented by the equation $W(t) = 0.0034433L_t^{3.19027953}$ ($r = 0.98283632$), which indicates an isometric growth trend; the species exhibits a condition factor of 0.77 ± 0.12 . Reproduction occurs at the end of the low-water season and the beginning of high-water; near Iquitos, this occurs between November and February. When grown in black water ponds, *B. tigrinum* showed a high incidence of parasitism *Argulus* (Crustacea). Fundamental aspects of this species' biology remain unknown, including feeding- and breeding behavior, as well as interactions with parasites and pathogens.

KEYWORDS: Zúngaro tigrinus, *Brachyplatystoma tigrinum*, bio-ecology, fishing, riding.

INTRODUCCIÓN

La explotación de peces para el comercio ornamental internacional es un problema de conservación cada vez más grande (Moreau & Coomes, 2007). Los peces de acuario son las mascotas más populares del mundo y generan una industria creciente; de ellos, cerca del 90% son de agua dulce. Aunque la mayor parte del comercio de peces de agua dulce en el mundo proviene de cultivo, las especies amazónicas son casi exclusivamente extraídas directamente de los ambientes naturales (Olivier, 2001). El comercio ornamental ya contribuyó a la extinción de varias poblaciones locales de peces en el sudeste asiático y probablemente a caídas en el Brasil (ej. pez disco). En el Perú, el mercado que estaba basado en exportaciones masivas de especies de bajo valor comercial, ha cambiado recientemente hacia especies de alto valor como la arahuana, algunas rayas, loricáridos y algunos grandes pimelódidos como *B. tigrinum*. De hecho, este pez que alcanza el mayor precio de exportación por unidad después de la raya tigre llegando en ciertos casos a costar entre 300 a 600 euros cada uno y su demanda es creciente en los mercados asiáticos (Moreau & Coomes, 2007). Lo poco que se conocía de la especie hasta antes de esta publicación era que al estado adulto, vive en el agua corriente de los grandes ríos, en la Amazonía peruana, en especial; en la zona cóncava de los meandros, en la que predomina la erosión y la consiguiente migración lateral del río. Sin embargo, existe la necesidad de mejorar el conocimiento sobre biología y ecología de esta importante especie, en orden a contribuir a su uso sostenible en la Amazonía peruana.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sobre la base de los conocimientos tradicionales del zúngaro tigrinus, reportados por Chávez *et al.* (2008), fueron efectuadas observaciones de las características del hábitat, de las zonas de pesca, calidad de agua, aparejos de pesca, captura, épocas de pesca; así como de algunas de las características biológicas del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum*.

Las observaciones fueron efectuadas en el río Amazonas, en el sector comprendido entre las coordenadas geográficas S 03°55'21.5" - W 73°09'24.6" y S 03°41'51.0" W 73°09'21.5", complementadas con observaciones de cría en estanques de las instalaciones del Centro de Investigaciones de Quistococha del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS GENERALES

El zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* es un pez que pertenece al grupo de los grandes bagres o Pimelodidos que, al estado adulto, puede alcanzar hasta 85 cm de longitud, con un peso de 5,200 g. Su coloración general, al estado adulto, es negruzca, con bandas blanquecinas que se extienden en forma oblicua al eje longitudinal del cuerpo y, en número variable de 13 a 15 (Figura 1A). El patrón de coloración descrito, sin embargo, varía a través del desarrollo del zúngaro tigrinus ya que, al estado de alevino (2 a 5 cm de longitud), presenta una coloración general blanquecina a rojiza, sin las bandas blanquecinas de los adultos. (Figura 1B).

El zúngaro tigrinus tiene un cuerpo fusiforme, ligeramente plano en la región ventral. Su cabeza es grande y ligeramente achatada, los ojos son pequeños y de posición dorsal, la boca es grande y de posición ventral, rodeada de seis barbillas filamentosas, de las cuales, dos son maxilares y cuatro son mentonianas. La aleta dorsal es corta y ubicada en el tercio anterior del cuerpo. La aleta adiposa es también corta y ubicada en el tercio posterior del cuerpo, sobre el pedúnculo caudal. Entre las aletas pares presenta las pectorales y las ventrales de desarrollo moderado. Adicionalmente, el zúngaro tigrinus presenta una aleta ubicada, ventralmente, en la región del pedúnculo caudal, a modo de quilla. La aleta caudal es bilobulada y cada lóbulo termina en un largo filamento que el zúngaro tigrinus agita suavemente formando ondulaciones a medida que se desplaza en el agua. Los filamentos de la aleta caudal, están presentes de preferencia en los alevinos y juveniles y son menos frecuentes en los adultos.

En la boca se observa la presencia de dientes pequeños y numerosos, dispuestos en bandas o placas, como son, la placa maxilar y la placa mandibular (Figura 2A). En la región faríngea se observan cuatro arcos branquiales y, en el techo de la faringe se observa dos formaciones carnosas con numerosos y pequeños dientes, constituyendo las placas masticatrices o almohadillas faríngeas que se corresponden con la placa faríngea inferior (Figura 2B).

El tubo digestivo es corto, como ocurre en los peces de régimen alimenticio carnívoro. El estómago es relativamente grande y dilatado, en forma de V. En el techo de la cavidad celomática presenta una vejiga de naturaleza serosa, protegida de tejido membranoso y cubriendo ventralmente la vejiga se encuentra una formación de tejido adiposo sobre la que se ubican las gónadas.

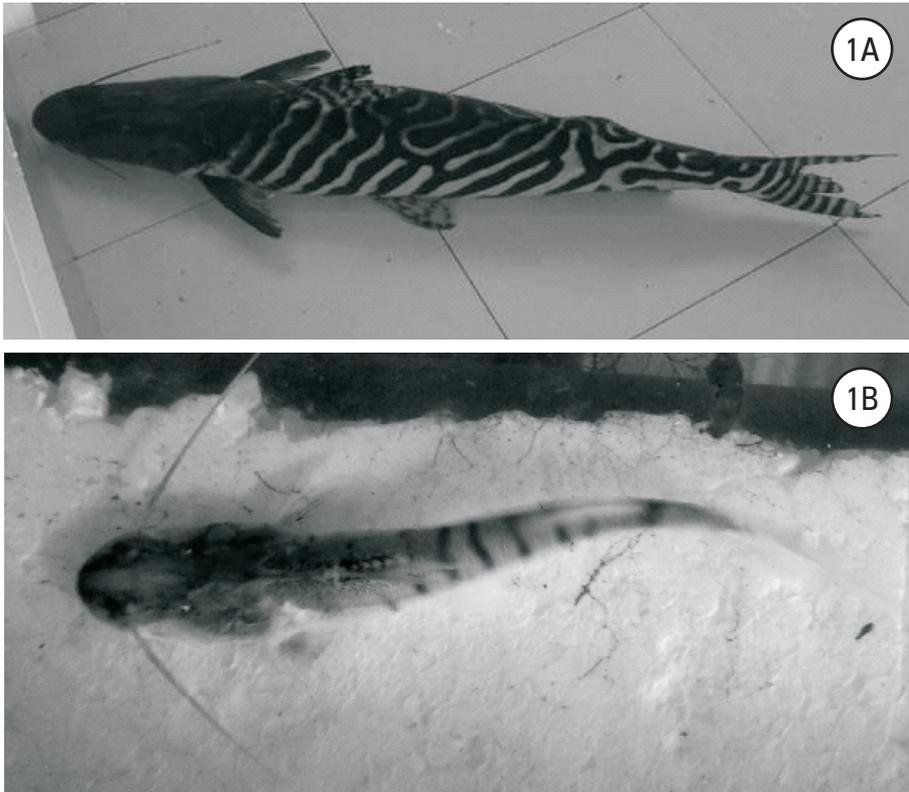


Figura 1. Zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum*: 1A espécimen adulto (85 cm), 1B Alevino (7 cm) capturados en el río Amazonas.

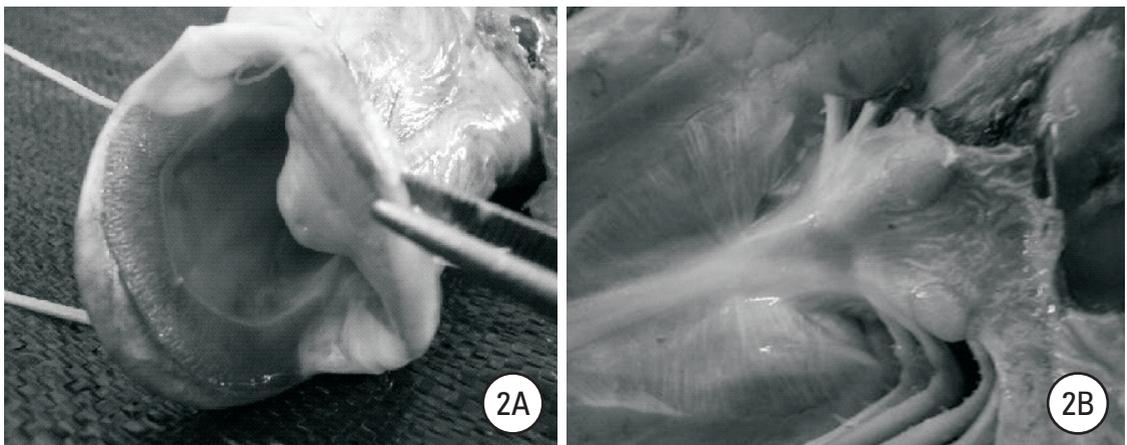


Figura 2. 2A placa dentaria; 2B almohadillas faríngeas y arcos branquiales del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum*.

CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT

El zúngaro tigrinus al estado de alevino, juvenil y adulto vive en aguas lóaticas de los grandes ríos, como el Amazonas, en especial, en las zonas de costa brava, en las que predomina la erosión de la orilla externa y es frecuente la presencia de palizadas. Sin embargo, esto podría deberse simplemente, a selectividad involuntaria de las áreas de pesca por parte de los pescadores, sin que signifique preferencia de hábitat de la especie. El hábitat se caracteriza por presentar agua de color blanco, con alta disponibilidad de sólidos en suspensión, baja transparencia, que puede llegar a 30 cm, alta disponibilidad de oxígeno disuelto (5 mg/l), temperatura alrededor de 27 °C y pH 7.

En individuos manejados en estanques de agua negra, eventualmente, se observó comportamiento territorial consistente en el establecimiento de una zona, de unos 0.80 m de diámetro, ubicada en la zona litoral del

estanque, a unos 0.60 m de profundidad, libre de algas y sedimentos; en cuyo centro permanece el zúngaro tigrinus por largos periodos.

ZONAS DE PESCA

Las zonas de pesca del zúngaro tigrinus en la región Loreto, están restringidas al río Amazonas, en las cercanías de la ciudad de Iquitos (Figura 3), sea que se trate de adultos o de alevinos. En el tramo comprendido entre Gran Perú, cerca de la localidad de Tamishiyacu (S 03°55'21.5 - W 73°09'24.6), operan principalmente los pescadores de tigrinus adultos y, en las inmediaciones de la comunidad de Santa Rosa, aguas abajo de la refinería Luis F. Díaz (S 03°41'51.0' W 73°09'21.5), operan los pescadores de alevinos. Sin embargo, Se registró también la presencia de esta especie cerca del Pongo de Manseriche, en el río Marañón (Sánchez, 2008).

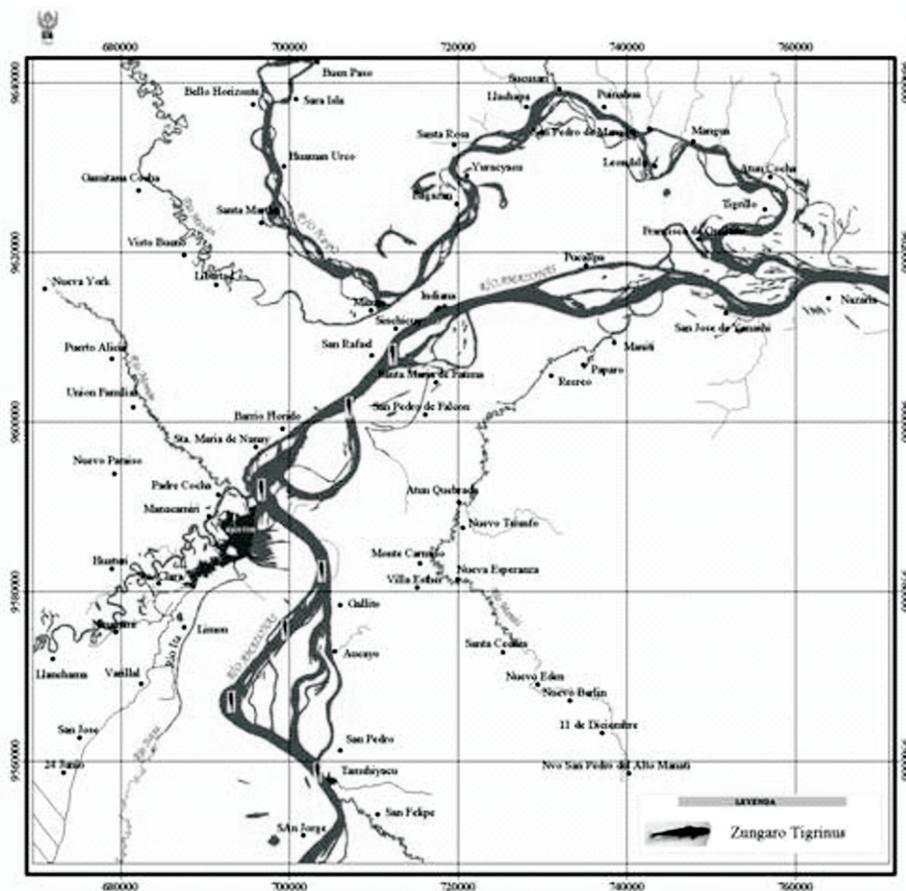


Figura 3. Zonas de pesca comercial del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* en la región de Loreto en la Amazonía peruana.

Tabla 1. Principales zonas de pesca de zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* en el río Amazonas, Amazonía peruana.

LUGAR	LONGITUD PARA LA PESCA (m)	TIEMPO DESDE IQUITOS (horas)
Frente al caserío de Aucayo	450	3.0 aguas arriba
Frente al caserío de Gallito	350	2.0 aguas arriba
Frente a Padre Isla	250	1.0 aguas arriba
Frente al caserío de Panguana Zona I y II	500	3.5 aguas arriba
Timareo	500	1.5 aguas arriba
Frente al campo experimental del INIA	500	1.0 aguas arriba
Frente a Masusa. Boca del río Itaya	300	0.5 aguas abajo
Frente a la base del SIMAI	400	2.5 aguas abajo
Frente al caserío Santa Rosa	400	3.0 aguas abajo

Fuente: APPOLI, 2009

Los alevinos son capturados por pescadores de peces ornamentales, en tramos cortos de aguas someras que corresponden a brazos secundarios del río que, en vaciante, corresponden a playas o barriales de cultivo de arroz. Mientras que, los juveniles y adultos son capturados por pescadores de peces de consumo, en el curso de la corriente del río. Las principales zonas de pesca, están ubicadas en un radio de 1:00 a 3:00 horas aguas arriba y aguas abajo de la ciudad de Iquitos. Estas zonas de pesca varían también en su extensión a lo largo del río (Tabla 1). Según registros de pesca de APPOLI 2009, Las zonas con mayores volúmenes de captura de alevinos de zúngaro tigrinus en el periodo comprendido entre diciembre del 2008 a mayo del 2009 fueron Timareo (2100 ejemplares) seguido de Santa Rosa (1400 ejemplares).

APAREJOS DE PESCA Y TURNOS DE PESCA

Los pescadores de peces de consumo utilizan redes de 300 x 1.5 brazas, con lastres de plomo y flotadores de material sintético, malla de 6 pulgadas, hilo de nylon número 36 y color verde. Estas redes son operadas a la deriva por 24 horas, en turnos de 12 horas, cada uno, de 06:00 a 18:00 horas y de 18:00 a 06:00 horas. Estas redes son operadas en el curso de la corriente del río, maniobrando con una o dos embarcaciones equipadas con motor fuera de borda (denominados localmente “peque peque”) para orientar su desplazamiento en la corriente del río. Para la faena de pesca cada embarcación lleva dos pescadores y realiza lances de

15 a 30 minutos, luego de la cual la red es recuperada. Los pescadores dirigen la red con la embarcación para evitar enredarse en las palizadas sumergidas, que puede significar la pérdida total del material de pesca.

La captura de los alevinos del zúngaro tigrinus se realiza con redes bolicheras de 40 a 50 m de longitud y dos a tres brazas de ancho y de ¼ de pulgada de malla, provistas de una línea de flotadores y una línea de lastre de 40 a 50 kg de peso. La modalidad de captura consiste en lanzar la red en la corriente, en las zonas someras del río, maniobrando desde la embarcación principal y la embarcación auxiliar, con la ayuda de motores fuera de borda. Cada embarcación lleva tres o cuatro operadores para realizar la faena de pesca. El recorrido del lance es de 5 a 10 minutos y luego recuperan la red.

La pesca de los alevinos se puede practicar solamente en zonas poco profundas con fondos llanos y sin palizadas. Esta actividad, es realizada principalmente en las primeras horas del día, comenzando entre las cinco y seis hasta las ocho o nueve de la mañana. Un segundo turno se realiza al atardecer comenzando a las tres o cuatro de la tarde hasta la puesta del sol, pero ocasionalmente, la faena se realiza durante todo el día, sobre todo cuando está nublado, para evitar la irradiación solar sobre los especímenes capturados. Eventualmente, los pescadores de alevinos utilizan redes de tipo mosquitero de 2 mm de malla que son operadas en la playa por cuatro a cinco pescadores que arrastran la red contra la orilla.

ALMACENAMIENTO POST CAPTURA

Luego de la captura, los zúngaro tigrinus adultos son guardados en jaulas pequeñas de 1.5 x 0.50 x 0.50 m, denominadas “rapisheo” por los pescadores locales, instaladas en la zona de orilla de los ríos, suspendidas sobre el fondo (Figura 4A). Los alevinos del zúngaro tigrinus son guardados en cajas de madera de 35 x 35 x 10 cm, forradas de plástico que son utilizadas también, para el transporte a los centros de acopio que están localizados en la ribera o en la ciudad.

TRANSPORTE AL ACUARIO COMERCIAL

El transporte de los adultos, al acuario comercial, es realizado en cajas de madera de 1.5 x 0.45 x 0.30 m, confeccionadas de palo de balsa, de baja densidad y poco peso. El número de peces por cada unidad de transporte depende del tamaño del pez. El transporte de los alevinos al acuario se realiza en bolsas plásticas, colocando un alevino en cada bolsa. Esta modalidad

de transporte se practica con la finalidad de prevenir el canibalismo que, de otro modo, es muy acentuado (Figura 4B).

NIVELES DEL RÍO Y EPOCAS DE PESCA

La captura de los zúngaro tigrinus, generalmente, es escasa, con uno o tres especímenes, como máximo, por faena de pesca. La captura está asociada al nivel del río. En el río Amazonas, tanto al estado de alevino, como de adulto, se realiza con mayor intensidad en vaciante que, corresponde, a los meses de julio a noviembre. En creciente, en especial, entre los meses de enero a abril, su captura es prácticamente nula, tanto porque la velocidad de la corriente en el río es mayor, como por el frecuente transporte de palizada que puede incluir árboles enteros, en la corriente del río, que dificultan la operación de las redes a la deriva y la maniobra de las embarcaciones de pesca.



Figura 4. 4A red de almacenamiento de la captura de zúngaro tigrinus (*Brachyplatystoma tigrinum*) en el río Amazonas, 4B transporte de alevinos de zúngaro tigrinus desde los lugares de captura hasta los centros de acopio.

ALIMENTOS Y ALIMENTACIÓN

El zúngaro tigrinus, como otros Pimelodidos, ocupa un alto lugar en la pirámide trófica; es decir, es un predador que, se alimenta de diversas especies de peces de porte pequeño conocidos como mojaras, los cuales captura en la columna de agua. Sin embargo, en un individuo, recientemente capturado se observó la regurgitación de una macana (Gymnotidae) en estado avanzado de digestión.

En condiciones de cría en ambiente controlado, al estado de alevino, el zúngaro tigrinus acepta peces de porte pequeño, como guppies y mojaras, así como fases larvales de dípteros (Chironomidae), producido en condiciones controladas. Murrieta (2009)

REPRODUCCIÓN

La época de reproducción corresponde al final de la vaciante y comienzos de la creciente, en el periodo comprendido entre junio a noviembre, que corresponde al periodo de retracción del río. En el área de Iquitos, se compró zúngaro tigrinus adultos recientemente capturados, sin que se haya observado adultos en maduración. Por otra parte, cabe la posibilidad que, al igual que en doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* y tigre zúngaro *P. tigrinum*, la maduración del zúngaro tigrinus tenga una mayor frecuencia de ocurrencia al inicio de la expansión del ambiente acuático, como fue reportado por Núñez *et al.* (2005) en observaciones efectuadas en la cuenca de los ríos Mamoré e Iténez, en la Amazonía boliviana.

En esta época los alevinos tienen un tamaño de 2 a 5 cm de longitud promedio, Murrieta (2009) observó la

compra venta de alevinos de estas tallas en el mes de noviembre en las proximidades de Iquitos.

PREDADORES

No se conoce los predadores de los zúngaro tigrinus, pero, es probable que sean presa de otros carnívoros, entre ellos, otros Pimelodidos de mayor porte.

PATÓGENOS

En situación de cautiverio el zúngaro tigrinus criado en estques de agua negra en el Centro de Investigaciones de Quistococha, del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, presentó parasitismo por *Argulus pestifer* en una prevalencia de 100 % y una intensidad de parasitismo de 12 a 30 por individuo (N= 8) Alcántara *et al.* (2008B). El parásito produce erosiones de la piel, en el techo de la región cefálica, disminuyendo la condición general de los peces que, poco a poco, dejan de alimentarse.

RELACIÓN LONGITUD PESO Y FACTOR DE CONDICIÓN

Los zúngaro tigrinus presentan una relación longitud peso descrito por la ecuación $Wt = 0.0034433L^{3.19027953}$ y coeficiente de relación $r = 0.98283632$ (Figura 5) establecido por Alcántara *et al.* (2008A) que indica, una tendencia de crecimiento de tipo isométrico (Ricker, 1975) y al mismo tiempo, presentan un factor de condición de 0.77 ± 0.12 que corresponde a la condición del soma, antes que a madurez sexual. Alcántara *et al.* (2008A). El cálculo de este factor, es de suma importancia porque permite estimar, por comparación, la condición real de los zúngaro tigrinus en condiciones de cría en el estanque de cultivo.

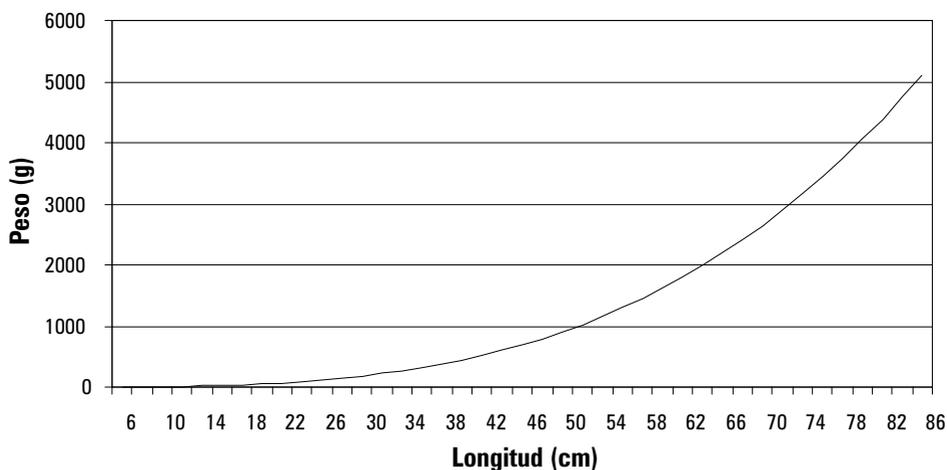


Figura 5. Relación entre la longitud y el peso del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum*.

SOCIOECONOMÍA

Durante el período junio noviembre de 2009 los zúngaro tigrinus adultos alcanzaron un precio de S/. 170.00, en el mercado de Iquitos, debido a su escasez en las capturas. A su vez, los zúngaro tigrinus, al estado de alevino, alcanzaron un precio, en el mismo periodo, de S/. 15.00 a S/. 35.00 por unidad. Si se tiene en cuenta que el jornal diario en Iquitos, fue de S/. 15.00, se deduce claramente, la importancia que tiene esta especie, en el mercado local, como fuente de ingresos para los pescadores de peces de consumo y de peces ornamentales que operan en el río Amazonas, en las inmediaciones de Iquitos.

Adicionalmente, esta especie tiene importancia, también como fuente de ingresos para las instalaciones comerciales mayoristas que, exportan los zúngaro tigrinus al estado de alevino y juvenil, a los centros de mayor demanda, como son los mercados de Asia y Europa, en donde puede alcanzar precios de más de U. S. \$. 150.00 por unidad, dependiendo del tamaño.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alcántara, F., Chu-Koo, F., Rodríguez, L., Chávez, C., Tello, S. & Núñez, J. 2008A. Relación longitud- peso y el factor de condición del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* del río Amazonas. Loreto. Perú. Folia Amazónica. Vol 17 No 1-2:23-38.
- Alcántara, F., Chu-Koo, F., Rodríguez, L., Chávez, C., Bernuy, A., Barbarán, T., Tello, S. & Núñez, J. 2008B. Primer reporte de parasitismo de *Brachyplatystoma tigrinum* por *Argulus pestifer* en acuicultura. Folia Amazónica. Vol 17 No 1-2:99-102.
- Asociación de pescadores de peces ornamentales de Loreto, Iquitos, APPOLI. 2009. Programa de Manejo Pesquero de Alevinos de zúngaro tigrinus *Merodontotus zúngaro tigrinus* y zúngaro alianza *Brachyplatystoma juruense*. Base legal D. S. No 015-2009 - PRODUCE. Iquitos. Perú. 30 p.
- Chávez V. Carlos A., Alfonso Bernuy R., Teddy Barbarán R., Germán Murrieta M., Homero Sánchez R., Fred Chu K., Fernando Alcántara B., Jesús Nuñez. 2008. Reporte de los conocimientos tradicionales sobre el zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* en la Amazonía peruana. Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica. En prensa. 6 p.
- Moreau, Marie - Annick & Cooms, O. 2007. Aquarium fish exploitation in western Amazonía: Conservation issues in Peru. Foundation for Environmental Conservation. *Environmental Conservation* 34 (1): 12–22.
- Murrieta, G. 2009. Manejo de alevinos de zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) (Pisces, Pimelodidae) en condiciones controladas. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 42 p.
- Núñez, J., Inturias, A., Dugué, R., Barreto, J., Rivera, R., Dupponchelle, F., Renno, J. F. 2005. Reproducción y crecimiento de *Pseudoplatystoma fasciatum* en la cuenca amazónica Boliviana. En, Renno, J. F., García, C., Dupponchelle, F., Núñez, J., Editores. 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. RIIA. p 47-51.
- Olivier, K. 2001. The ornamental fish market. FAO/Globefish Research Programme, Vol. 67. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Ricker, W. E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Studies of Fish Population. Department of the Environment Fisheries and Marine Service. P203 -212.
- Sánchez, H. 2008. Reporte sobre la ictiofauna del alto Marañón. IIAP. Informe interno. 12 p.

CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DE ACCESIONES SANMARTINENSES DEL BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DE SACHA INCHI *Plukenetia volubilis* L. (E.E. El Porvenir – INIA)

Mike CORAZON-GUIVIN¹, Diana CASTRO-RUIZ²; Werner CHOTA-MACUYAMA²; Ángel RODRÍGUEZ¹, Danter CACHIQUE², Emma MANCO⁴; Dennis DEL-CASTILLO², Jean-François RENNO³, Carmen GARCÍA-DÁVILA²

- 1 Investigadores becados del Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. E-mail: mikecorazon10@gmail.com
- 2 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM). Apartado 784. Iquitos, Perú. E-mail: cdavila19@yahoo.com
- 3 Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Montpellier, France.
- 4 Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA, San Martín, Estación El Porvenir, Tarapoto.

RESUMEN

El presente estudio analiza 12 accesiones sanmartinenses de Sacha Inchi *Plukenetia volubilis* del Banco Nacional de Germoplasma del INIA, utilizando la técnica molecular DALP. Para lo cual se colectaron muestras (Hojas) de un total de 24 plantas (dos por cada accesión), que fueron evaluadas utilizando los marcadores informativos (DALP221 y DALP233). El análisis de los perfiles genéticos entre las accesiones, mostró una alta diversidad con un total de 23 genotipos diferentes, observando que casi todas las accesiones analizadas presentaron dos genotipos, a excepción de los individuos Cub-02 y Ba.01-14 que compartieron un mismo genotipo. La planta SL-I-19 (accesión SL-I) mostró una fuerte divergencia genética, lo que sugiere la presencia de genotipos adicionales. Los métodos moleculares pueden hacer importantes contribuciones en la cuantificación de la diversidad genética de Sacha Inchi y otras especies de plantas en el Perú del Banco Nacional de Germoplasma. Este conocimiento es vital en la conservación y mejora genética de la especie.

PALABRAS CLAVE: *Plukenetia volubilis*, sachá inchi, diversidad genética, banco de germoplasma, DALP.

GENETIC CHARACTERIZATION SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis*) GERMOPLASM ACCESIONS FROM SAN MARTÍN, PERU

ABSTRACT

The present study examines 12 accessions of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) from San Martín of Peruvian National Germplasm Bank (INIA), using molecular techniques (DALP). Leaves were collected from a total of 24 individuals (two per accession), and evaluated using the informative markers DALP221 and DALP233. Genetic analysis showed high diversity between accessions, with a total of 23 different genotypes represented. In all but one case, the individuals of a given accession differed in genotype; only Cub-02 and Ba.01-14 shared a single genotype. Individual SL-I-19 showed strong genetic divergence, suggesting the presence of additional genotypes. Molecular methods can make important contributions in quantifying the genetic diversity of Sacha Inchi and other plant species in the Peruvian National Germplasm Bank. This knowledge is vital in the conservation and genetic improvement of the species.

KEYWORDS: *Plukenetia volubilis*, sachá inchi, Genetic diversity, Germplasm Bank, DALP.

INTRODUCCIÓN

El sachá inchi *Plukenetia volubilis* L. representa un cultivo promisorio de gran importancia en la amazonia peruana (semillas con elevadas concentraciones de ácidos grasos esenciales tipo -3 y -6 (Hamaker *et al.*, 1992). Se ha observado que esta especie presenta una amplia variabilidad tanto en su morfología, como en su capacidad de producción por planta y contenidos de aceite (Valles, 1990; Rodríguez *et al.*, 2010). La estación experimental “El Porvenir” del Instituto Nacional de Investigación Agraria-INIA, con el intuito de caracterizar esta gran diversidad, viene implementando el Banco Nacional de Germoplasma de sachá inchi, el cual actualmente cuenta con aproximadamente 51 accesiones colectadas en diferentes departamentos de la amazonía peruana.

Los bancos de germoplasma, son herramientas para la conservación de especies silvestres, de las cuales aún conocemos poco, pero sabemos que encierran parte del pool genético de una determinada especie. La caracterización genética de un banco permite conocer el tipo de material genético que disponemos, así como identificar y caracterizar accesiones sobresalientes o en su defecto identificar duplicados (Bórem & Caixeta, 2006). Además, el conociendo de los recursos genéticos permiten obtener nuevas variedades de plantas, a través del mejoramiento genético clásico o la ayuda de la biotecnología (Rossiter *et al.*, 2000; Eirizik *et al.*, 2001). La caracterización genética y detección de la diversidad genética, mediante técnicas moleculares ha sido muy utilizada en los últimos años, a su gran capacidad de detectar diferencias entre individuos que podrían estar cercanamente relacionados (Ferreira & Gattapaglia, 1998). En este sentido, la Amplificación Directa de Polimorfismo de Longitud (DALP) es una técnica molecular que usa marcadores universales que puede ser aplicable para el estudio genético de diferentes especie de plantas y animales (Perrot-Minnot *et al.*, 2000). Esta técnica fue utilizada por primera vez por Desmarais *et al.* en 1998, para diferenciar dos sub especies de ratones (*Mus musculus musculus* y *M. musculus domesticus*). Demostró ser altamente informativa para el estudio de diversidad genética de plantas (Ha *et al.*, 2001; Yun-shu *et al.*, 2008). Recientemente fue utilizada por Corazon-Guivin *et al.* (2008), para estudiar la variabilidad genética en cuatro poblaciones naturales de *P. volubilis* en la región de San Martín, obteniéndose resultados muy informativos sobre la diversidad y la estructura genética de cuatro poblaciones naturales (Tununtunumba, Shica, Cerro Alto y Habana).

En el caso del sachá inchi (nombre común utilizado para nominar una serie de especies diferentes, cuyos límites taxonómicos no son del todo conocidos), existe

necesidad de caracterizar la diversidad genética encerrada en el banco de germoplasma de sachá inchi, para poder analizar cuál es el grado de diversidad genética que encierran las accesiones. En este sentido, el presente estudio tuvo como finalidad contribuir al conocimiento genético del sachá inchi, utilizando la técnica molecular DALP (Amplificación Directa de polimorfismo de Longitud), la cual es una poderosa herramienta para el estudio de la diversidad genética entre accesiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

COLECTA, CODIFICACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL MATERIAL BIOLÓGICO

La colecta de las muestras se realizó en el Banco Nacional de Germoplasma de sachá inchi del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA, ubicado en el distrito de Juan Guerra, departamento de San Martín.

Fue colectado tejido foliar de 24 plantas (2 plantas/accesión) pertenecientes a 12 accesiones sanmartinenses (Tabla 1). El material fue acondicionado en forma individual en papel aluminio perfectamente codificado, dentro de tubos de 50 ml con tapa rosca conteniendo un preservante sintético (sulfato de calcio anhidro), hasta el momento de la extracción de ADN en el Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicada en el centro de investigaciones de Quistococha, carretera Iquitos-Nauta km 4.5, en la ciudad de Iquitos.

EXTRACCIÓN Y AMPLIFICACIÓN DE ADN

La extracción de ADN, fue realizada mediante el protocolo CTAB de Doyle & Doyle (1987), a partir de 100 mg de tejido foliar. La selección de los marcadores DALP (DALP 01 y DALP 04) para la caracterización genética de las accesiones fue realizada en base a información preliminar proporcionada por Corazon-Guivin *et al.* (2008) sobre los marcadores más informativos de la técnica molecular DALP para esta especie (Tabla 2). La reacción de amplificación fue realizada en un volumen total de 25 µl, conteniendo 5 U/µl de Taq polimerasa, 100 ng/µl de ADN molde, 5X de Buffer, 10 mM dNTPs, 25 mM de MgCl₂, 10 µM de cada primer y agua ultrapura. Las condiciones de temperatura fueron: denaturación inicial a 95 °C x 1 min; seguida de 29 ciclos de: denaturación a 91 °C x 30 s, hibridación a 42.9 °C x 30 s, y extensión a 72 °C x 30 s; seguida de una extensión final a 72 °C x 5 min. El patrón de bandas obtenido, fue verificado en geles de poliacrilamida al 6%, teñido con nitrato de plata mediante el método Rabat (Sambrook & Russell, 1991).

ANÁLISIS DE DATOS

El polimorfismo entre las muestras fue analizado mediante la observación de presencia y ausencia de las bandas entre los individuos. A partir del cual se realizó una matriz binaria en base a la presencia (1) y ausencia (0) de las bandas diferenciales (polimórficas). El genotipo para cada uno de los individuos fue

establecido a partir de la combinación de los perfiles de bandas generadas por cada uno de los tres primers DALP. La variabilidad genética fue establecida mediante el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC). Este análisis fue realizado con la ayuda del Software GENETIX versión 4.05 (Belkhir *et al.*, 2004).

Tabla 1. Código del banco, código nacional y procedencia de las accesiones de sachá inchi *Plukenetia volubilis* analizadas.

Nº	CÓDIGO DE ENTRADA BANCO	CÓDIGO NACIONAL	PROCEDENCIA
1	BNOT001	PER000394	Shilcayo
2	BNOT002	PER000394	Shilcayo
3	BNOT003	PER000395	Pinto Recodo
5	BNOT005	PER000396	Cumbaza
7	BNOT032	PER000416	Chazuta
8	BNOT034	PER000418	Moyobamba
11	BNOT035	PER000419	San Fernando
12	BNOT007	PER000397	Barranquita
13	BNOT008	PER000397	Barranquita
14	BNOT009	PER000398	Habana
37	BNOT037	PER000421	Alto Shamboyacu
38	BNOT038	PER000422	Alto Pucayacu

Tabla 2. Número y secuencia de los marcadores de la técnica DALP utilizados para caracterizar las accesiones de sachá inchi *Plukenetia volubilis*.

TIPO DE PRIMER	PRIMERS	FUENTE	SECUENCIA
Primer reverso	DALP R	Desmarais et al. 1998	TTTCACACAGGAAACAGCTATGAC
Primers selectivos	DALP221	Desmarais et al. 1998	GTTTCCCAGTCACGACGC
	DALP233	Desmarais et al. 1998	GTTTCCCAGTCACGACACG

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hasta años atrás, los mejoradores echaban mano de técnica de caracterización morfológica para conocer los materiales genéticos existente en las colecciones; a partir de los datos de caracterización y validación se decidían sobre cuales accesiones debían ser incluidas en los programas de mejoramiento. Actualmente con el avance de los marcadores moleculares, los investigadores tienen una herramienta que puede auxiliarlos en la estimación de la diversidad genética existente en la colección, en las relaciones genéticas entre los materiales para definir la dirección de los cruzamientos y selección de progenitores, así como poder acompañar la introgresión de genes durante el proceso de mejoramiento (Borém & Caixeta, 2006). La caracterización genética y detección de la diversidad genética, mediante técnicas moleculares ha sido muy utilizada en los últimos años, debido a su gran capacidad de detectar diferencias entre individuos que podrían estar cercanamente relacionados. En este sentido, la Amplificación Directa de Polimorfismo de Longitud (DALP) es una técnica molecular que usa marcadores universales que puede ser aplicable para el estudio genético de diferentes especie de plantas y animales (Perrot-Minnot *et al.*, 2000). Esta técnica fue utilizada por primera vez por Desmarais *et al.* en 1998, para diferenciar dos sub especies de ratones (*Mus musculus musculus* y *M. musculus domesticus*). Esta técnica demostró también ser altamente informativa para el estudio de diversidad genética de plantas (Ha *et al.*, 2001; Yun-shu *et al.*, 2008). Recientemente fue utilizada por Corazon-Guivin *et al.* (2008), para estudiar la variabilidad genética en cuatro poblaciones naturales de *P. volubilis* en la región de San Martín, obteniéndose resultados muy informativos sobre la diversidad y la estructura genética de cuatro poblaciones naturales (Tununtunumba, Shica, Cerro Alto y Habana).

Las 24 plantas (2 plantas/accesión) analizadas del Banco Nacional de Germoplasma del INIA, con los marcadores DALP221 (Figura 1) y DALP233 (Figura 2) generaron un total de 46 bandas de ADN, haciendo un promedio de 23 bandas por marcador usado (Tabla 3). De las 46 bandas producidas, solo 28 fueron informativas o polimórficas (60.87%). Asimismo, se encontró un total de 23 genotipos diferentes (Tabla 4), observando que casi todas las accesiones analizadas presentaron genotipos distintos. Sin embargo, se pudo apreciar que el genotipo ABAAABBAABAAAA BBABBBABABBAB es compartido por los

individuos Cub-02 y Ba.01-14 de las accesiones Cumbaza y Barranquita 01 respectivamente. También se pudo observar que las dos plantas analizadas de cada accesión son diferentes a nivel genético. La presencia de una alta diversidad genética en las 12 accesiones sanmartinenses, hace que este material evaluado pueda ser considerado para futuros trabajos de mejoramiento genético, previa evaluación de su comportamiento a nivel de campo.

La tabla 4 muestra también que, el genotipo BBABBABABBBBBBBBBBBBBBABABAA de la planta SL-I-19 (accesión SL-I) es genéticamente muy diferente de todas las plantas evaluadas. Esto podría deberse a que esta accesión contienen una fracción de información genética no contemplada por el reducido número de plantas analizadas o en su defecto a un error involuntario en el momento de nominar la accesión en campo.

La proyección gráfica (Figura 3) de los dos primeros factores muestra que las accesiones se encuentran distribuidas en forma irregular dentro de las dos agrupaciones principales. Las accesiones de Moyobamba, Pinto Recodo, Alto Shambuyacu, Barranquita-02 y Habana muestran sus dos individuos más relacionados con la agrupación A, en tanto los individuos de la accesión San Fernando se encuentra relacionadas a la agrupación B. El resto de accesiones (Shilcayo-01, Shilcayo-02, Cumbaza, SL-1 y Chazuta) presentan individuos en ambas agrupaciones. Así mismo se puede observar que uno de los individuos de la accesión SL-I presenta un perfil genético muy diferente del otro representante de la misma accesión y de las otras accesiones.

El conocimiento de la distribución de la diversidad genética de los cultivos, es de vital importancia cuando se pretenden desarrollar programas exitosos de mejoramiento y conservación de una especie. En el caso del sachá inchi se hace necesario tomar ventaja de la amplia diversidad genética encontrada en el banco de El Porvenir, a fin de contrarrestar la reducida diversidad reportada por Corazon-Guivin *et al.* (2008), para algunas poblaciones naturales de la región San Martín, a consecuencia de la fragmentación del hábitad de estas poblaciones naturales, producto de una expansión agrícola constante. El conocimiento de la diversidad genética presente en las colecciones permitirá además a los mejoradores a través de metodologías adecuadas generar materiales genéticos superiores en un lapso de tiempo mucho mas corto que mediante evaluaciones morfológica.

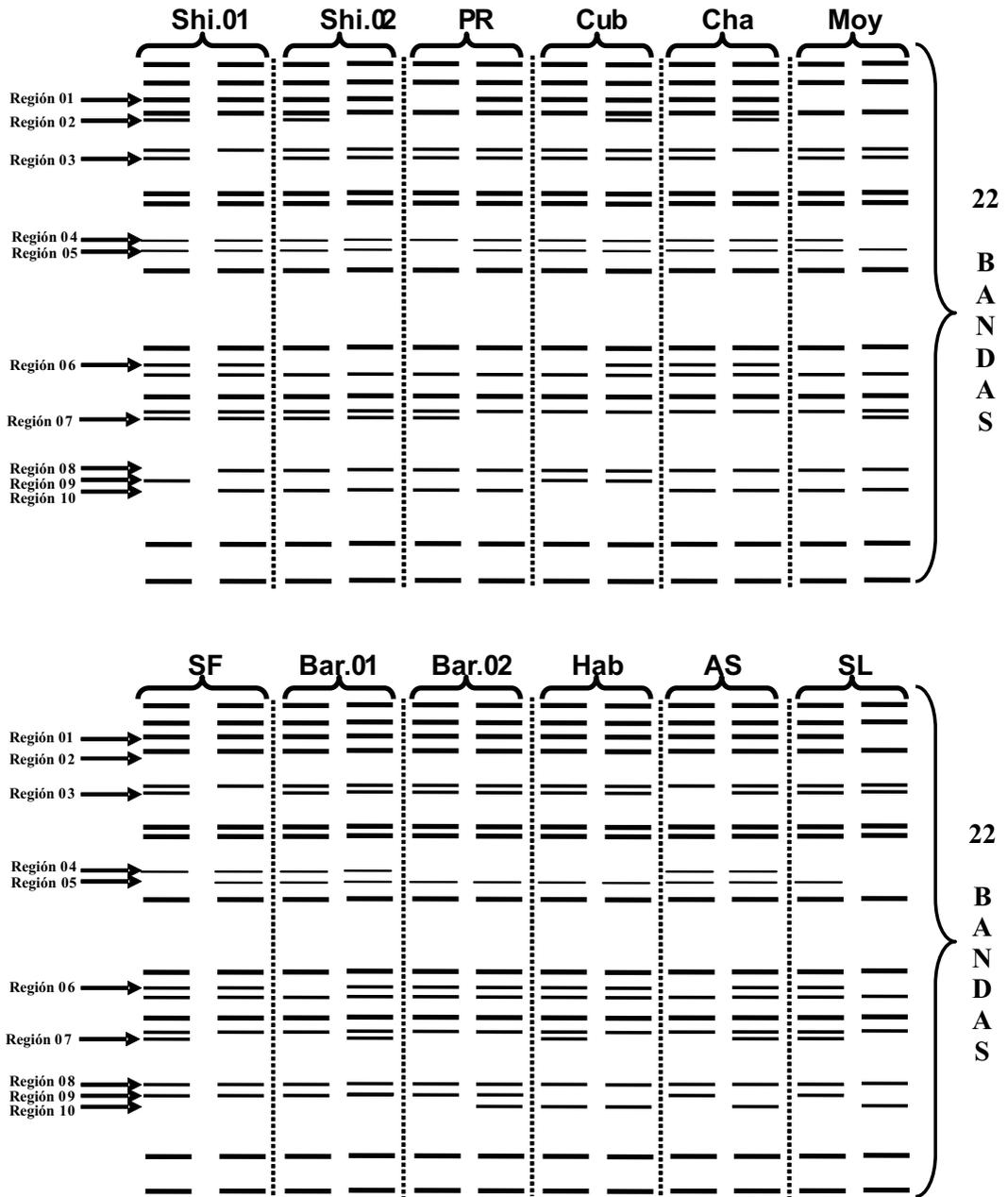


Figura 1. Representación gráfica del gel de poliacrilamida 6% mostrando los fragmentos de ADN y las regiones informativas amplificadas con el marcador DALP221 en las accesiones de sachu inchi *Plukenetia volubilis* del Banco de Germoplasma del INIA.

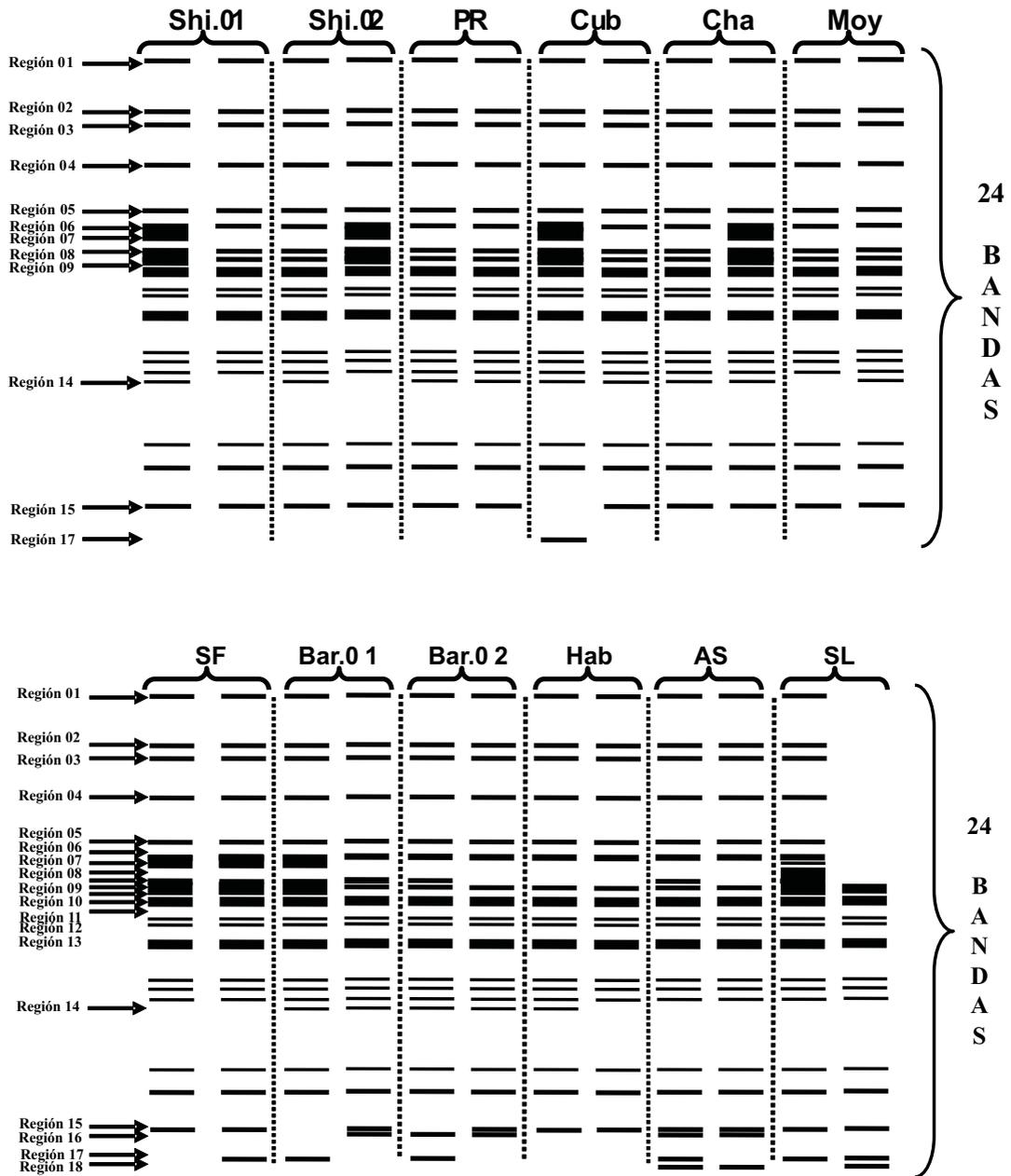


Figura 2. Representación gráfica de los geles de poliacrilamida 6% mostrando los fragmentos de ADN y las regiones informativas amplificadas con el marcador DALP233 en las accesiones de sachá inchi *Plukenetia volubilis* del Banco de Germoplasma del INIA.

Tabla 4. Genotipos encontrados en las accesiones sanmartinenses de sachá inchi *Plukenetia volubilis* del Banco Nacional de Germoplasma del INIA.

ACCESIONES	PLANTAS	DALP 221	DALP 233	GENOTIPO
Shilcayo-01	Sh.01-01	AAAAAABAB	AAAAABBABBBABAABBB	A A A A A B A B A A A B B A B B A B A A B B A A B B B
	Sh.01-03	ABBAAAAABA	AAAAAABBAABBBBABBB	A B A A A A A B A A A A A A A B A A B B B A B A B B B
Shilcayo-02	Sh.02-06	AAAAABAABA	AAAAAABBAABBBABAABBB	A A A A A B A B A A A A A A A B B A A B B B A A B B B
	Sh.02-07	ABAAAABAABA	AAAAAABBAABBBBABBB	A B A A A B A B A A A A A A A B B A B A B B A B A B B B
Pinto Recodo	PR 12	BBAABBAABA	AAAAAABBAABBBABAABBB	B B A A B B A A B A A A A A A B B A A B B A A B B A A B B B
	PR 13	ABAAAABABA	AAAAAABBAABBBABAABBB	A B A A A B A B A A A A A A A B B A A B B A A B B A A B B B
Cumbaza	Cub 02	ABAAAABBAAB	AAAAAABBAABBBBABBB	A B A A A B B A A B A A A A A B B A B B A B A B A B B A B
	Cub-06	AAAAAABBAAB	AAAAAABBAABBBABAABBB	A A A A A B A B A A A A A A A B B A A B B A A B B A A B B B
Chazuta	Cha 14	ABAAAABABA	AAAAAABBAABBBABAABBB	A B A A A B A B A A A A A A A B B A A B B A A B B A A B B B
	Cha-16	AABAAAABABA	AAAAAABBAABBBABAABBB	A A B A A A B A B A A A A A A A B B A B A B B A A A B B B
Moyobamba	Moy-20	BBAABBAABA	AAAAAABBAABBBBABBB	B B A A A B B A B A A A A A A B B A A B B B A B A B B B
	Moy 21	BBABABAABA	AAAAAABBAABBBABAABBB	B B A B A B A A B A A A A A A B B A A B B A A B B A A B B B
San Fernando	SF 01	ABAABAAAAAB	AAAAAABBAABBBBABBB	A B A A B A A A A B A A A A A B B A B B A B A B A B B B B
	SF 03	ABBAAAABAA	AAAAAABBAABBBBABBB	A B B A A A B A A A A A A A A B B A B B A B B A B A B A B
Barranquita-01	Ba.01-14	ABAAAABBAAB	AAAAAABBAABBBBABBB	A B A A A B B A A B A A A A A B B A B B A B A B A B B A B
	Ba.01 21	AAAAAAAAB	AAAAAABBAABBBABAABBB	A A A A A A A A A B A A A A A A A B A A B B A A B B A A B B
Barranquita-02	Ba.02 02	ABABAABAAB	AAAAAABBAABBBABAAB	A B A B A A B A A B A A A A A A B B A A B B A B A B A A B
	Ba.02 06	AAABAABABA	AAAAAABBAABBBABAABBB	A A A B A A B A A A A A A A A A B B A A B B A A B B A A B B
Habana	Ha 07	ABABAAAAABA	AAAAAABBAABBBABAABBB	A B A B A A A A A B A A A A A A B B A B B A B B A A B B B
	Ha 11	ABABAABABA	AAAAAABBAABBBBABBB	A B A B A A B A A A A A A A A A B B A A B B A B B A B B B
Alto	AS 05	ABBAABBAAB	AAAAAABBAABBBABAAB	A B B A A B B A A B A A A A A A B B A A B B B A A A A A A
	AS-08	ABAAAAABA	AAAAAABBAABBBABAAB	A B A A A A A A A B A A A A A A A B B A A B B B A A B A A
SL	SL-15	ABABAABAB	AAAAAABBAABBBBABBB	A B A B A A A B A A A A A A A B B A A B B A B A B B A B A B
	SL-19	BBABBABA	BBBBBBBABBBBABAA	B B A B A B A B A A B B B B B B A B B A B B A B A B A A

Tabla 3. Número y secuencia de los marcadores de la técnica DALP utilizados para caracterizar las accesiones de sachá inchi *Plukenetia volubilis*.

MARCADORES POLIMÓRFICOS	TOTAL DE BANDAS AMPLIFICADAS	BANDAS INFORMATIVAS	PBI (%)
DALP221	22	18	39.13
DALP233	24	10	21.74
TOTAL	46	28	60.87
PROMEDIO	23	14	30.44

PBI: Porcentaje de bandas informativas.

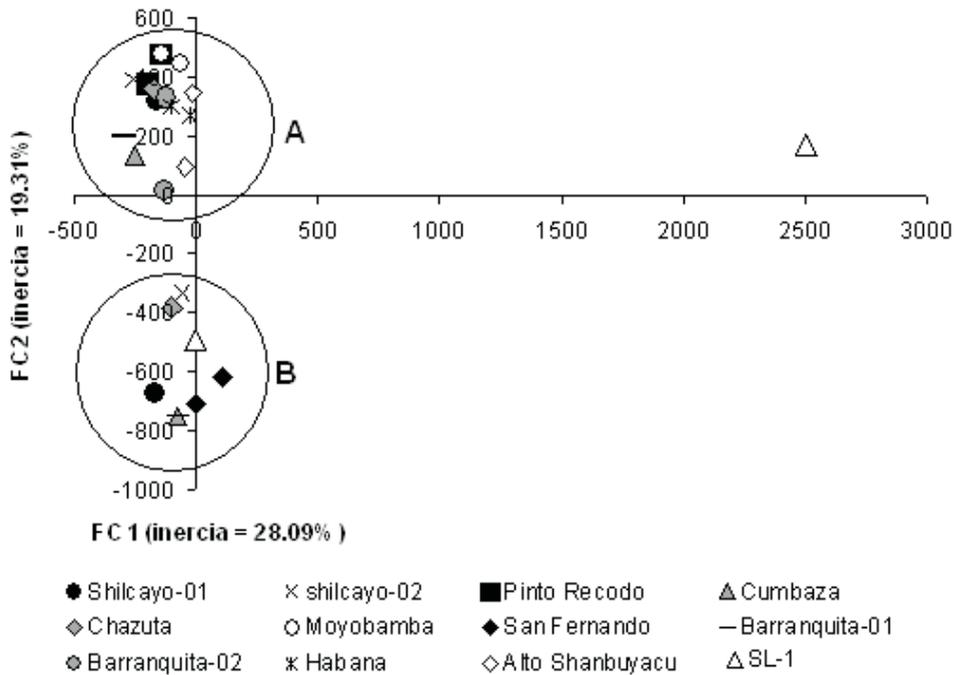


Figura 3. Representación gráfica de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), distribuidos sobre un plan factorial para los ejes 1 Vs. 2 para los individuos del Banco Nacional de Germoplasma de sachá inchi *Plukenetia volubilis* del INIA en función a sus genotipos.

AGRADECIMIENTO

Al Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano – INCAGRO, por el financiamiento parcial del presente estudio a través del subproyecto “Obtención de líneas mejoradas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), a partir de material genético con altos rendimientos y contenidos de omega 3 y omega 6”.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Belkhir, K.; Borsa, P.; Chichi, I.; Raufast, N.; Bonhomme, F. 2004. GENETIX 4.05.2, logiciel sous windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire génome, populations, interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier, France.
- Borém A.; Caixeta, E. 2006. Marcadores Moleculares. Editora Jard, Viçosa, 374p.
- Corazon-Guivin, M.; Rodríguez, A.; Cachique, D.; Chota, W.; Vásquez, G.; Del-Castillo, D.; Jean-François R.; García-Dávila, C. 2008. Diversidad Genética en Poblaciones Naturales de Sachá Inchi *plukenetia volubilis* L. (euphorbiaceae) en el Departamento de San Martín (perú). Folia Amazonia. Vol. 17 N° 1-2, p. 83–90.
- Desmarais, E.; Laneluc, I.; Lagnel, J. 1998. Direct amplification of length polymorphisms (DALP) or how to get and characterize new genetic markers in many species. Nucleic Acids Research. Vol. 26, 6:1458–1465.
- Doyle, J.J.; Doyle J.L. 1987. A rapid ADN isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. Phytochem. Bull. Vol. 19:11-15.
- Ferreira, M.Y.; Grattapaglia, D. 1998. Introducción al uso de marcadores moleculares en el análisis genético. EMBRAPA-CENARGEN, Brasilia, Brasil. p. 38-56
- Ha, W.Y.; Yau, F.C.; But, P.P.; Wang, J.; Shaw, P.C. 2001. Direct amplification of length polymorphism analysis differentiates *Panax ginseng* from *P. quinquefolius*. Planta medica. Vol. 67(6):587-9.
- Hamaker, B.R.; Valles, C.; Gilman, R.; Hardmeier, R. M.; Clark, D.; García, H.H.; Gonzales, A. E.; Kohlstad, I.; Castro, M. 1992. Amino Acid and Fatty Acid Profiles of the Inca Peanut (*Plukenetia volubilis* L.), *Cereal Chem.* Vol. 69:461–463.
- Perrot-Minnot, M.J.; Lagnel, J.; Desmarais, E.; Navajas, M. 2000. Isolation and characterization by direct amplification of length polymorphism (DALP) of codominant genetic marker with mendelian inheritance in *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. Vol. 24: 795–803.
- Rodríguez, A.; Corazon-Guivin, M.; Cachique, D.; Mejía, K.; Del Castillo, D.; Jean-François, R.; García-Dávila, C. 2010. Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) de la Amazonía peruana: propuesta de una nueva especie. *Rev. peru biol.*, vol.17, no.3, p.325-330.
- Rossiter, S.; Jones, G.; Ransome, R.; Barratt, E. 2000. Genetic variation and population structure in the endangered greater *Rinolophus ferrumequinum*. *Molecular Ecology*. Vol. 9:1131-1135.

DETERMINACIÓN DE PARENTESCO EN LARVAS DE *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) PRODUCIDAS EN CAUTIVERIO

Diana CASTRO-RUIZ¹, Sophie QUEROUIL², Etienne BARAS², Werner CHOTA-MACUYAMA¹, Fabrice DUPONCHELLE², Jesús NUÑEZ², Jean-François RENNO², Carmen GARCÍA-DÁVILA¹

1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP, Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM). Apartado 784. Iquitos, Perú.

2 Institut de Recherche pour le Développement-IRD. 175 Caviar, BP 5095, 34196 Montpellier cedex 05, France.

RESUMEN

Un set de seis *loci* microsatélites fue utilizado como herramienta molecular para identificar el genotipo de los reproductores y asignar el parentesco a diferentes familias de *Pseudoplatystoma fasciatum*. Las progenies cultivadas en situación comunal fueron obtenidas por la reproducción inducida de los óvulos de una hembra con un pool de esperma de cuatro machos. Todos los *loci* microsatélites mostraron apropiada amplificación y polimorfismo, con alelos diagnósticos o combinación de alelos para identificar a los reproductores y asignar el parentesco sin riesgo a equivocarse. Los alelos nulos encontrados en los *loci* Pcor 7 y Pcor 8, no dificultaron la identificación de la progenie. Se obtuvieron cuatro familias de medio-hermanos (en cada etapa de muestreo). Resultados de este estudio demuestran la utilidad de las herramientas genéticas en la asignación de parentesco en familias de *Pseudoplatystoma fasciatum* cultivadas comunalmente.

PALABRAS CLAVES: *Pseudoplatystoma fasciatum*, piscicultura, microsatélites, genotipo, parentesco.

PARENTAGE ASSIGNMENT IN LARVAL *Pseudoplatystoma fasciatum* (Castelnau, 1855) PRODUCED IN CAPTIVITY

ABSTRACT

A set of six microsatellite loci was used to identify the genotype of the breeder and assign kinship in different families of *Pseudoplatystoma fasciatum*. The progenies bred communally were obtained by combining the eggs of a female with a pool of sperm from four males. All microsatellite loci showed appropriate amplification and polymorphism with unique alleles or a combination of alleles to identify the breeder and assign kinship without risk of error. Null alleles were encountered at loci Pcor 7 and Pcor 8, but there was no difficulty in identifying progeny. Four half-sibling groups were tested (at each stage of sampling). Results of this study demonstrate the utility of genetic tools in assigning parentage in families of *Pseudoplatystoma fasciatum* bred communally.

KEYWORDS: *Pseudoplatystoma fasciatum*, fish culture, microsatellite, genotyping, parentage.

INTRODUCCIÓN

La doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum*, es uno de los bagres amazónicos que sustenta la pesquería comercial en la región Loreto. Esta especie presenta un gran potencial para la producción comercial en toda América del Sur (Kossowski, 1996; Goulding, 1980; Reid, 1983). Debido a la calidad de su filete y su agradable sabor, genera una gran demanda en el mercado regional e internacional, que por ahora, es cubierta a través de la pesca comercial en ambientes naturales (Tello & García, 2009). Esta demanda en los últimos años viene ocasionando el aumento de la presión de pesca, y la captura de individuos en tallas por debajo del tamaño de primera madurez sexual, lo que estaría causando la disminución de sus poblaciones naturales y pérdidas económicas para el futuro del sector pesquero (Tello & García, 2009).

La piscicultura de esta especie, además de ser una alternativa económica que genera ingresos para la región Loreto (García *et al.*, 2009), también es una buena opción para reducir la sobrepesca de las poblaciones naturales, contribuyendo de esta manera a la conservación del recurso (García *et al.*, 2009). En ambientes controlados, *P. fasciatum* tiene una elevada tasa de crecimiento (1,2 kg y 45 cm en 18 meses) y fecundidad (150 000 óvulos/kg). Además, de una buena resistencia a la manipulación y adaptación a dietas balanceadas (Nuñez, 2009). A pesar de estas bondades, hasta el momento la piscicultura de la doncella no ha alcanzado el desarrollo esperado. La principal limitante es la elevada tasa de mortalidad, ocasionada por el alto nivel de canibalismo que presentan sus larvas (Montalvan, 2008; Nuñez *et al.*, 2008, Nuñez *et al.*, 2011). El monitoreo de los progenitores y de sus progenies permite un desarrollo controlado del proceso de domesticación. El uso de los marcadores moleculares como barcode permite este mismo monitoreo en situación de cautiverio comunal de las larvas y de los alevines.

Los perfiles genéticos de DNA han sido propuestos como una herramienta para el monitoreo de la progenie de peces cultivados para la acuicultura (Harris *et al.*, 1991). De todas las herramientas moleculares, los microsatélites (secuencias de DNA nuclear constituidas por repeticiones en tándem de entre uno a seis nucleótidos) mostraron ser las más útiles en estudios de parentesco (Borrell *et al.*, 2002; Castro *et al.*, 2006; Herlin *et al.*, 2008; Chakraborty *et al.*, 1988; Kellogg *et al.*, 1995; Garber *et al.*, 2010) y en la reconstrucción de pedigree de poblaciones comúnmente cultivadas para la acuicultura (Harris *et al.*, 1991), debido a que presentaron una gran variabilidad en peces marinos y de agua dulce (De Woody & Avise, 2000; Revaldaves *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2009). Por lo tanto, hacen posible la

realización de estudios que involucran el cultivo de diferentes progenies en ambientes comunales (estudios que antes fueron imposibles, debido a problemas relacionados con la determinación del parentesco). Los perfiles de microsatélites hacen posible la asignación de individuos a grupos de familias cultivadas en un mismo tanque, minimizando así la variación ambiental y permitiendo evaluar la relación intra e inter-familiar. En este trabajo se pretende identificar el genotipo de los reproductores y establecer el parentesco a un grupo de larvas de *P. fasciatum* cultivadas en situación comunal, provenientes de la fertilización de una hembra con cuatro machos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en los laboratorios de reproducción inducida de Peces y de Biología y Genética Molecular (LBGM), del centro experimental de Quistococha - Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Ubicado en el 4,5 km de la Carretera Iquitos-Nauta, Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, departamento de Loreto

OBTENCIÓN DE LOS REPRODUCTORES

Fueron seleccionados una hembra con presencia de óvulos maduros y cuatro machos maduros (emisión de semen por presión abdominal) de un total de 56 individuos adultos (del stock de reproductores identificados individualmente con microchips "Pit Tags"). De cada reproductor se colectó y conservó en alcohol al 96% un fragmento de aleta anal para la extracción de DNA y posterior determinación del genotipo.

OBTENCIÓN DE GENOTIPO DE REPRODUCTORES

La extracción del DNA de los progenitores de doncella fue realizada mediante el método CTAB modificado (Doyle & Doyle, 1987), a partir de la membrana Interradial de la aleta anal. Los genotipos fueron establecidos utilizando seis marcadores microsatélites diseñados para *Pseudoplatystoma corruscans* por Revaldaves *et al.*, 2005 (Tabla 1). Las amplificaciones de PCR se llevaron a cabo en un volumen final de 10 µl, conteniendo 100 ng de DNA en buffer PCR 1X, 0,4 µM de cada primer, 0,2 mM de dNTPs, 1,5 mM de MgCl₂, 0,4 unidades de Taq polimerasa y agua ultrapura. Las condiciones de amplificación fueron: 2 min a 92 °C, seguido de 30 ciclos comprendidos por: 1 min a 95°C, 1 min a la temperatura de hibridación (Tabla 1) y 1 min a 72 °C, terminando con una extensión final de 10 min a 72 °C. Los alelos fueron separados en un analizador genético Applied

Biosystems 3130 para lo cual se preparó una solución que consiste en: 8.6 µl de formamida, 0.4 µl de ROX 500 y 1 µl del producto de PCR. Los pesos de los alelos fueron determinados mediante el software Peak scanner versión 1.0 (<https://products.appliedbiosystems.com>).

OBTENCIÓN Y CULTIVO DE LA PROGENIE

La reproducción inducida fue realizada según el protocolo de Nuñez *et al.* (2008). La fertilización fue realizada combinando 30 g de óvulos de una hembra (H) con una mezcla de espermatozoides de cuatro machos (M). En total se obtuvieron cuatro familias (numeradas de 1 a 4) por la combinación de la hembra con los cuatro machos (numerados de 1 a 4). Una vez ocurrida la eclosión en las incubadoras, 3000 larvas a 1 dpf (día post-fertilización) fueron colectadas al azar y transferidas a tres tanques de un sistema de circuito cerrado (1000 larvas por tanque), donde fueron mantenidos en completa oscuridad durante un periodo de 26 días para desarrollar varios experimentos (no descritos aquí) sobre su viabilidad, crecimiento y desarrollo ontogénico (Nuñez *et al.*, 2011). La alimentación fue suministrada a partir del tercer día post-fertilización (dpf) y consistió en nauplios de artemia, con una frecuencia de cinco veces al día desde las 7 horas y 30 con un intervalo de 3 horas.

MUESTREO DE LA PROGENIE

Se realizaron tres muestreos al azar, con tres repeticiones y en las tres etapas del desarrollo de la progenie. El control 1 (Figura 1A) fue realizado a 1 dpf y consistió en una colecta de larvas. El control 2 (Figura 1B) fue realizado a los cinco días (alevines de 5 dpf). Finalmente el control 3 (Figura 1C) fue realizado a los 26 días (alevines de 26 dpf). Para cada control se colectaron al azar 50 individuos en cada una

de las tres repeticiones. Cada uno de los individuos fue fotografiado (fotodocumentado), utilizando un microscopio estereoscópico Leica, y conservado en alcohol al 96% hasta el momento del análisis del DNA.

OBTENCIÓN DEL GENOTIPO DE LA PROGENIE

El DNA de las larvas a 1 dpf fue obtenido por trituración de todo el cuerpo del individuo; en los alevines a 5 dpf también se utilizó todo el cuerpo, a excepción del estómago por contener DNA exógeno (nauplios de artemia); mientras que en los alevines a 26 dpf sólo se utilizó la parte posterior del cuerpo. La extracción se realizó con el método CTAB (Doyle & Doyle, 1987), realizándose una modificación al protocolo convencional, disminuyendo las proporciones de los reactivos a la mitad, debido al pequeño tamaño de las muestras. Las amplificaciones y los análisis de los alelos fueron realizados con el mismo protocolo utilizado en la obtención del genotipo de los reproductores.

ASIGNACIÓN DE PARENTESCO

Los perfiles de los microsatélites de los seis *loci* fueron utilizados para identificar a los progenitores de los 150 individuos analizados dentro de las cuatro familias. El análisis fue realizado usando el software Probmax, (<http://www.uoguelph.ca/~rdanzman/software/PROBMAX/>) el cual consiste en calcular la probabilidad de cada uno de los progenitores potenciales sea el padre del individuo considerado, con base en la compatibilidad entre los genotipos de ambos y teniendo conocimiento del genotipo de la madre. Los resultados también fueron verificados manualmente buscando los alelos o combinaciones de alelos diagnósticos de las familias.

Tabla 1. Calidad de agua (promedio \pm desviación estándar) registrada durante la fase de cultivo de 45 juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* alimentados con tres frecuencias alimenticias (FA2: 2 veces/día, FA4: 4 veces/día y FA6: 6 veces/día) durante 45 días.

LOCUS/ Nº DE ACCESIONES	MOTIVOS DE REPETICIÓN	PRIMER (5' 3')	COLORANTE	RANGO DE TAMAÑO (pb)	T (°C)
Pcor1 AY737063	(TC) ₉ GC(TC) ₉	F: AAACCCGAGGATAACCAGTC R: CAGCGTGCTACTAACACAAAC	FAM (azúl)	104-120	61.7
Pcor2 AY737064	(AG) ₁₉	F: GATATGCAAATAAGAAGGTC R: TCTTCTGGCTTTTCCTCCTCT	HEX (verde)	217-229	58.3
Pcor5 AY737067	(TC) ₈ CC(TC) ₁₅	F: GACTAAGATTACACAGAGATTC R: CTTGGTGGGGAAACAGGC	HEX (verde)	131-155	59.1
Pcor7 AY737069	(AG) ₈ GG(AG) ₂ CG(AG) ₄	F: ATGCTGGGATACGCTCAGAC R: GTGGCGAGTGAACAAGTCC	NED (amarillo)	229-245	65.5
Pcor8 AY737070	(AC) ₁₂	F: ACACCATACGCACACACTCG R: TGAGGTCGGGTGATAAGGTC	HEX (verde)	167-183	58.8
Pcor10 AY737072	(GTCC) ₁₅ (GT) ₉	F: TTTAAGACAGCACAGCCTGTGGGG R: AAGACAGCGCCATAGAGTTCTGCC	FAM (azúl)	146-156	53.1



Figura 1. Vista lateral de progenie de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum*, (A) larva de 1 dpf, (B), alevín de 5 dpf, alevín de 26 dpf (C). Escala Figuras A y B (1mm); Figura C (10 mm).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IDENTIFICACIÓN GENÉTICA DE LOS REPRODUCTORES

De los seis *loci* microsatélites utilizados en este estudio, cinco, permitieron la diferenciación genética de los reproductores sin riesgo de equivocarse. El *locus* con mayor número de alelos diagnósticos entre los reproductores fue Pcor 8 (macho 2: alelos 167 y 169, macho 3: alelos 175 y 185, macho 1: alelos 181 y macho 4: alelo 179). En tanto que el *locus* Pcor 10 no presentó ninguno. En cuanto a los reproductores, el macho 4 presentó mayor número de alelos diagnósticos (8 alelos): Pcor 1 (104), (120), Pcor 2 (223), (225), Pcor 5 (155), Pcor 7 (229), (257) y Pcor 8 (179), en tanto que el macho 1 presentó solo dos: Pcor 5 (151) y Pcor 8 (181) (Tabla 2).

ASIGNACIÓN DE PARENTESCO DE LA PROGENIE

En el muestreo 1 (Tabla 3) solo 3 larvas no presentaron alelo diagnóstico en sus genotipos, estableciéndose su parentesco con la familia 1 por la combinación diagnóstica de alelos presente. En este control el mayor número de larvas perteneció a la familia 4 (23 larvas), y el menor número fue reportado para las familias 1 y 3 (5 larvas para cada una).

Los alevines de los muestreo 2 y 3 presentaron alelos diagnósticos en sus genotipos, permitiendo una fácil identificación de sus parentescos (Tabla 3). En el muestreo 2 el mayor número de alevines perteneció a la familia 2 (21 alevines) y el menor a la familia 1 (3 alevines). Mientras que en el muestreo 3, el mayor número de alevines perteneció a la familia 4 (23 alevines) y el menor a la familia 3 (5 alevines). No encontrándose ningún individuo de la familia 1.

Tabla 2. Genotipos de los cinco reproductores de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* por cada locus analizado. Alelos diagnósticos para cada reproductor en negrita.

REPRODUCTORES	CÓDIGO	LOCI						TOTAL DE ALELOS DIAGNÓSTICOS
		PCOR 1	PCOR 2	PCOR 5	PCOR 7	PCOR 8	PCOR 10	
Hembra 1	1E0D73	116 118	223 223	147 149	245 245	169 169	146 156	4
Macho 1	29309	112 112	217 221	145 151	247 247	181 183	156 156	2
Macho 2	23178	112 112	221 221	145 149	239 239	167 169	156 156	4
Macho 3	394572	110 112	217 229	131 145	247 247	175 185	146 156	4
Macho 4	111E1F	104 120	223 225	131 155	229 257	179 183	156 156	8
Total de alelos diagnósticos por <i>loci</i>		5	3	4	4	6	0	22

Tabla 3. Progenie de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* asignadas en cuatro familias.

MUESTREOS	FAMILIAS				TOTAL
	FAMILIA 1	FAMILIA 2	FAMILIA 3	FAMILIA 4	
Muestreo 1	5	17	5	23	50
Muestreo 2	3	21	7	19	50
Muestreo 3	-	22	5	23	50
Total de individuos analizados	8	60	17	65	150

PERSPECTIVAS

Actualmente los marcadores moleculares vienen siendo utilizados en la caracterización de stocks de reproductores, de su progenie y en programas de domesticación. Los marcadores aloenzimáticos han sido utilizados preferentemente hasta mediados de los años noventa en estudios de salmones (Pasdar *et al.*, 1984; May & Jonson, 1993), en peces del género *Xiphophorus* (Morizot *et al.*, 1991), en el hiramé *Paralichthys olivaceus* (Liu *et al.*, 1997) entre otros. Los marcadores moleculares RAPD fueron utilizados en bagres como el pez gato americano *Ictalurus punctatus* y el pez gato azul *Ictalurus furcatus* (Lui *et al.*, 1998). En los últimos años la determinación de parentesco de peces como el lenguado japonés (Hara & Sekino, 2003), el bacalao del atlántico *Gadus morhua* (Herlin *et al.*, 2007), el lenguado senegalés *Solea senegalensis* (Castro *et al.*, 2006), la Acedia del Japón *Pleuronectes herzensteini* (Kim *et al.*, 2007), el rutilo *Rutilus rutilus* (Hamilton & Tyler, 2008) y la anchoa europea *Engraulis encrasicolus* (Borrell *et al.*, 2011) esta basada principalmente en marcadores microsatélites. La preferencia en el uso de este marcador es debido a su alto nivel de variación genética, es decir que son altamente polimórficos o informativos a nivel intrapoblacional (Liu & Cordes, 2004). En cuanto que los marcadores isoenzimáticos presentan el problema de ausencia de polimorfismo para uno o varios de los *loci* disponibles para una especie, que son aproximadamente entre 10 a 20 por especie (Murphy *et al.*, 1990), y los marcadores RAPD sufren de falta de reproducibilidad, ocasionando perfiles genéticos diferentes por variaciones de laboratorio a laboratorio o de diferentes termocicladores (Penner *et al.*, 1993; Wang *et al.*, 1993).

Antiguamente el monitoreo de las progenies de doncella podía ser realizado solo con las familias cultivadas separadamente. Esto dificultaba la evaluación de las respuestas de las progenies, pues no había certeza que la diferencias observadas se deba a diferencias intrínsecas de la progenie, o hayan sido inducidas por pequeñas variaciones medioambientales. El estudio comunal solo era posible cuando los especímenes eran lo suficientemente grandes para que puedan ser diferenciados por marcación con pit tags. La posibilidad de caracterizar los reproductores y asignar el parentesco a las progenies en diferentes momentos (etapas) durante el desarrollo de su historia de vida temprana, abre un horizonte nuevo a estos estudios permitiendo el monitoreo de parámetros en situación comunal con una alta pertinencia estadística, como por ejemplo el monitoreo de la velocidad de crecimiento, adaptación a dietas y resistencia, entre otros.

Asimismo, evaluar en una forma más efectiva las diferencias entre las familias cultivadas en situación comunal.

Esto también ha sido demostrado en otras especies de peces tales como el salmón Atlántico (*Salmo solar*) y la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) donde a partir de 8 y 4 marcadores microsatélites altamente polimórficos demostraron también que se puede determinar el parentesco en ausencia de marcadores físicos *tags* e información de pedigree a un grupo de familias cultivadas en forma comunal, respectivamente (Norris *et al.*, 2000; Herlinger *et al.*, 1995). Esta técnica también ha sido exitosamente usada en poblaciones naturales en el bacalao del Atlántico *Gadus morhua* donde identificaron el parentesco a 300 alevinos mediante 8 marcadores microsatélites, logrando evaluar la contribución parental del stock de reproductores mantenidos en cautiverio en estanques comerciales (Herlin *et al.*, 2008). Así como en el rodaballo (*Hippoglossus hipoglossus*) donde mediante 5 marcadores microsatélites identificaron el parentesco a 145 alevinos, logrando evaluar el impacto de selección de los individuos sobre la diversidad genética de la progenie F1 a ser utilizados en futuros stock de reproductores (Jackson *et al.*, 2003).

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano – INCAGRO, por el financiamiento parcial del presente estudio a través del subproyecto “Mejoramiento genético y producción intensiva de alevinos seleccionados de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1776) en la Amazonía peruana”.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Borrell, Y.; Álvarez, J.; Vásquez, E.; Sánchez, J.A.; Fernandez-Pato, C.; Martínez-Tapia, C.; Blanco, G. 2002. Aplicación de marcadores microsatélites a los programas de cultivo del robollo *Scophthalmus maximus* (L., 1758). *Instituto Español de Oceanografía*, 18(1-4): 203-209.
- Borrell, Y.J.; Álvarez, J.; Blanco G.; Martínez de Murguía, A.; Lee, D.; Fernández, C.; Martínez, C.; Cotano, U.; Alvarez, P.; Sanchez Prado, J.A. 2011. A parentage study using microsatellite loci in a pilot project for aquaculture of the European anchovy *Engraulis encrasicolus* L. *Aquaculture*, 310(3-4): 305-311.
- Castro, J.; Pino, A.; Herminda, M.; Bouza, C.; Riaza, A.; Ferreira, I.; Sánchez, L.; Martínez, P. 2006. A microsatellite marker tool for parentage analysis in Senegal sole (*Solea senegalensis*): Genotyping

- errors, null alleles and conformance to theoretical assumptions. *Aquaculture*, 261:1194-1203.
- Chakraborty, R.; Meagher, T.; Smouse, P.E. 1988. Parentage analysis with genetic markers in natural populations I. The expected proportion of offspring with unambiguous paternity. *Genetics*, 118: 527-536.
- DeWoody, J.A.; Avise, J.C. 2000. Microsatellite variation in marine, freshwater and anadromous fishes compared with other animals. *Fish Biology*, 56: 461-473.
- Doyle, J.J.; Doyle, J.L. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19: 11-15.
- Garber, A. F.; Tosh, J.J.; Fordham, S. E.; Hubert, S.; Simpson, G.; Symonds, J.E.; Robinson, J.A.B.; Bowman, S.; Trippel, E. A. 2010. Survival and growth traits at harvest of communally reared families of Atlantic cod (*Gardus morhua*). www.elsevier.com/locate/equa-online.
- García, A.; Tello, Salvador.; Vargas, G.; Duponchelle, F. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35:53-67.
- Goulding, M. 1980. The fishes and the forest: Explorations in Amazonian natural history. University of California Press, Berkeley, CA, USA. 280pp.
- Hamilton, P.B.; Tyler, C.R. 2008. Identification of microsatellite loci for parentage 5804 analysis in roach *Rutilus rutilus* and 8 other cyprinid fish by cross-species 5805 amplification, and a novel test for detecting hybrids between roach and other 5806 cyprinids. *Molecular Ecology Resources*, 8: 462-465.
- Hara, M.; Sekino, M. 2003. Efficient detection of parentage in a cultured Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* using microsatellite DNA marker. *Aquaculture*, 217: 107-114.
- Harris, A.S.; Bieger, S.; Doyle, R.W.; Wright, J.M. 1991. DNA fingerprinting of tilapia *Oreochromis niloticus* and its application to aquaculture genetics. *Aquaculture*, 92: 157-163.
- Herbinger, C.M.; Doyle, R.W.; Pitman, R.; Paquet, D.; Mesa, K.A.; Morris, B.; Wright, J.M.; Cook, D. 1995. DNA fingerprinting based analysis of paternal and maternal effects on offspring growth and survival in communally reared rainbow trout. *Aquaculture*, 137: 245-256.
- Herlin, M.; Delghandi, M.; Wesmajervi, M.; Taggart, J.B.; Mc Andrew, B. J.; Penman, D. J. 2008. Analysis of the parental contribution to a group of fry from a single day of spawning from a commercial Atlantic cod (*Gadus morhua*) breeding tank. *Aquaculture*, 274: 218-224.
- Herlin, M.; Taggart, J.B.; McAndrew, B.J.; Penman, D.J. 2007. Parentage allocation in a complex situation: a large commercial Atlantic cod (*Gadus morhua*) mass spawning tank. *Aquaculture*, 272: 195-203.
- Jackson, T. R.; Martín-Robichaud D.J.; Reith M.E. 2003. Application of DNA markers to the management of Atlantic halibut (*Hipoglossus hippoglossus*) broodstock. *Aquaculture*, 220: 245-259.
- Kim, S.G.; Morishima, K.; Satoh, N.; Fujioka, T.; Saito, S.; Aran, K. 2007. Parentage assignment in hatchery population of brown sole *Pleuronectes herzensteini* by microsatellite DNA markers. *Fisheries Science*, 73 (5): 1087-1093.
- Kellogg, K.A.; Markert, J.A.; Stauffer, J.R.; Kocher, T.D. 1995. Microsatellite Variation Demonstrates Multiple Paternity in Lekking Cichlid Fishes from Lake Malawi, Africa. *The Royal Society*, 260: 79-84.
- Kossowski, C. 1996. Perspective de L'élevage des poissons-chats (Siluroidei) en Amérique du Sud. *Aquatic Living Resources*, 9: 189-195.
- Liu, Z.J.; Cordes, J.F. 2004. DNA marker Technologies and their applications in aquaculture genetics. *Aquaculture*, 238: 1-37.
- Liu, Z.J.; Li, P.; Argue, B.; Dunham, R. 1998. Inheritance of RAPD markers in channel catfish (*Ictalurus punctatus*), blue catfish (*I. furcatus*) and their F1, F2 and backcross hybrids. *Animal Genetics*, 29: 58-62.
- Liu, S.; Ikeda, M.; Fujio, Y. 1997. Genetic features of natural and cultured populations in plaice (*Paralichthys olivaceus*). *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 47: 85-96.
- May, B.; Johnson, K.R. 1993. Composite linkage map of salmonid fishes (*Salvelinus*, *Salmo*, and *Oncorhynchus*). *Genetic Maps: Locus Maps of Complex Genomes*, (4) 309-317.
- Montalvan, G. 2008. Ontogenia de la doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), y su relación con la dinámica del canibalismo. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias, Escuela Profesional de Ingeniería en Acuicultura, Lima, Perú. 113pp.
- Morizot, D.C.; Slaugenhaupt, S.A.; Kallman, K.D.; Chakravarti, A. 1991. Genetic linkage map of fishes of the genus *Xiphophorus* (Teleostei: Poeciliidae). *Genetics*, 127: 399-410.

- Murphy, R.W.; Site, J.W.; Buth, D.J.; Haufler, C.H. 1990. Proteins I: Isoenzyme electrophoresis. In: Molecular Systematics. Hillis, D.M.; Moritz, C.(eds.). Sinauer Associates, Sunderland MA. 45-126pp.
- Norris, A.T.; Bradley, D.G.; Cunningham, E.P. 2000. Parentage and relatedness determination in farmed Atlantic Salmon (*Salmo solar*) using microsatellite markers. *Aquaculture*, 182: 73-83.
- Núñez, J.; Castro, D.; Fernández C.; Dugué R.; Chu-Koo F.; Duponchelle F.; García C.; Renno, J.F. (2011) Hatching rate and larval growth variations in *Pseudoplatystoma punctifer*: maternal and paternal effects. *Aquaculture Research*, (en prensa)
- Núñez, J. 2009. Domesticación de nouvelles espèces d'intérêt piscicole en Amazonie. *Agricultures*, 18: (2-3) 136-143.
- Núñez, J.; Dugué, R.; Arana, N.C.; Duponchelle, F.; Renno, J.F.; Raynaud, T.; Hubert, N.; Legendre, M., 2008: Induced breeding and larval rearing of Surubi, *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), from the Bolivian Amazon. *Aquaculture Research*, 39: 764-776.
- Pasdar, M.; Philipp, D.P.; Whitt, G.S.1984. Linkage relationships of nine enzyme loci in sunfishes (Lepomis; Centrarchidae). *Genetics* 107: 435-446.
- Penner, G.A.; Bush, A.; Wisw, R.; Kim, W.; Domier, L.; Kasha, K.; Laroche, A.; Scoles, G.; Molnar, S.J.; Fedak, G. 1993. Reproducibility of random amplified polymorphic DNA (RAPD) analysis among laboratories. In: PCR methods and applications cold spring harbor laboratory press. 341-345 pp.
- Pereira, L.H. G.; Foresti, F.; Oliveira, C. 2009. Genetic structure of the migratory catfish *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae) suggests homing behavior. *Ecology of Freshwater Fish* 18: 215-225.
- Reid, S. 1983. La biología de los bagres rayados *Pseudoplatystoma fasciatum* y *P. tigrinum* en la cuenca del río Apure, Venezuela. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología*, 1: 13-41.
- Revaldaves, E.; Pereira, L.; Foresti, F.; Oliveira, C. 2005. Isolation and characterization of microsatellite loci in *Pseudoplatystoma corruscans* (Siluriformes: Pimelodidae) and cross-species amplification. *Molecular ecology notes*, 5: 463-465.
- Tello, S.; García, A. 2009. La pesquería de grandes bagres en la región Loreto. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 28pp.
- Wang, D.; Wayne, M.M.Y.; Taricani, M.; Buckingham, K.; Sandham, H.J. 1993. Artifactual variation in randomly amplified polymorphic DNA banding patterns. *Biotechniques* 14: 214-218.

EVALUACIÓN DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA DE LA CASTAÑA *Bertholletia excelsa* EN LA REGIÓN DE MADRE DE DIOS (PERÚ), MEDIANTE MARCADORES MICROSATÉLITES

Evelyn REÁTEGUI-ZIRENA¹, Jean-François RENNO³, Fernando CARVAJAL VALLEJOS⁴, Ronald CORVERA², Dennis DEL-CASTILLO², Carmen GARCÍA-DÁVILA²

1 Becario Pre-grado IAP-INCAGRO. Iquitos, Perú. E-mail: erezirena@gmail.com

2 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM). Apartado 784. Iquitos, Perú. E-mail: cdavila19@yahoo.com

3 Institut de Recherche pour le Développement (IRD). Montpellier, France.

4 Universidad Mayor San Simón. Cochabamba, Bolivia.

RESUMEN

La diversidad genética poblacional de *Bertholletia excelsa* “castaña” fue estimada en siete localidades del departamento de Madre de Dios. Se colectaron un total de 164 muestras, las cuales fueron evaluadas con seis *loci* microsatélites. Todos los *loci* microsatélites resultaron polimórficos, reportándose un total de 47 alelos, con una media de 7.83 por locus. Los resultados de AFC, SAMOVA (98.06% de la variación se encuentra dentro de las localidades y solo 2.24% entre ellas) y distancia genética (distancia promedio = 0.017), mostraron que las siete localidades evaluadas presentan poca diferenciación genética entre ellas; presentado un elevado flujo genético demostrado en los resultados de Nm que variaron de 6.26 al infinito. También, los resultados globales de F_{ST} (0.024), R_{ST} (0.045) muestran una débil diferenciación genética entre las poblaciones. En términos generales, cada localidad presenta una amplia variabilidad genética con pocas diferencias entre ellas. Considerando el conjunto de localidades como una única población no se observa diferencia a la panmixia ($H_o = 0.68$, $H_e = 0.69$, $F_{is} = 0.01$). Los resultados obtenidos tanto dentro de las localidades como entre ellas pueden ser atribuidos a las escasas barreras físicas entre las localidades, un tiempo de generación alto y una duración de vida alta de los árboles (numero eficiente alto) y un sistema de reproducción alogámico de la castaña.

PALABRAS CLAVE: *Bertholletia excelsa*, castaña, Amazonía, microsatélites.

ASSESSMENT OF GENETIC VARIABILITY OF BRAZIL NUT *Bertholletia excelsa* OF REGION MADRE DE DIOS (PERU), USING MICROSATELLITE MARKERS

ABSTRACT

Population genetic diversity *Bertholletia* Brazil nut was estimated at seven locations in the department of Madre de Dios. We collected a total of 164 samples, which were evaluated with six microsatellite loci. All microsatellite loci were polymorphic, reporting a total of 47 alleles, with an average of 7.83 per locus. The results of AFC, SAMOVA (98.06% of the variation is within the locality and only 2.24% between them) and genetic distance (average distance = 0.017) showed that the seven locations studied had low genetic differentiation between them, presented a demonstrated high gene flow (Nm results ranging of 6.26 to infinity). Also, the overall results of F_{ST} (0.024), R_{ST} (0.045) show a weak genetic differentiation among populations. In general, each locality has a wide genetic variability with little difference between them ($H_o = 0.68$, $H_e = 0.69$, $F_{is} = 0.01$). The results obtained both within localities and between them can be attributed to poor physical barriers between localities, a generation time high and a lifetime high of trees (high efficient number) and a system of reproduction allogamous Brazil nut.

KEYWORDS: *Bertholletia excelsa*, Brazil nut, Amazon, microsatellites.

INTRODUCCIÓN

La Amazonía peruana presenta una extensión de $756,866 \text{ km}^2$ y constituye la décima parte de todos los bosques del mundo (Kalliola *et al.*, 1993). El departamento de Madre de Dios se encuentra ubicado en el sur-oriente peruano, abarca tanto selva alta como selva baja y se caracteriza por presentar un clima tropical cálido y húmedo. Este departamento está formado principalmente por llanuras aluviales con terrazas de tres hasta cuatro niveles (Lawrence *et al.*, 2005). La transición entre selva alta y baja (ecotono) hace que esta región posea una gran biodiversidad de flora y fauna que abren potencialidades económicas diversas. Sin embargo, muchas de las actividades económicas impactan negativamente sobre el ambiente. Razón por la cual, se viene promoviendo actividades menos impactantes y más sostenibles como el cultivo de productos no maderables. Que generen por un lado un adecuado ingreso económico para la gente local y por el otro la preservación de los ecosistemas tropicales, con mínima perturbación del ecosistema natural (Ramírez, 2006; Moegenburg & Levey, 2002; Zuidema & Boot, 2002; Camargo *et al.*, 1994). Una alternativa para evitar la deforestación es la "castaña" *Bertholletia excelsa* (Humboldt & Bonpland, 1808), especie con potencial económico en esta región, debido primero a que presenta frutos cuyas semillas poseen alto contenido de selenio (ayuda a detener los procesos degenerativos de las células cancerígenas); y segundo que posee un desarrollo agronómico y tecnológico ya establecido (Pastor, 2004; Thomson *et al.*, 2008). En los últimos años la región de Madre de Dios ha presentado un acelerado crecimiento económico. Que si bien ha contribuido al mejoramiento en el nivel de vida de su población, ha causado una corriente migratoria hacia la zona, originando la creación de nuevos asentamientos humanos. Los cuales, ejercen una fuerte presión sobre los recursos naturales del bosque, convirtiendo áreas forestales en nuevas áreas de cultivos agropecuarios, causando con esto una inminente deforestación y por ende disminución en las poblaciones naturales de la castaña (Motta, 2002), desconociéndose el estado de conservación genética de sus poblaciones naturales (Kanashiro *et al.*, 1997). Actualmente los marcadores moleculares son fuertemente utilizados en la evaluación del estado de conservación genética de las especies, porque permiten determinar la variabilidad genética, el flujo de genes y otros parámetros poblacionales (Karp *et al.*, 1997, Azofeifa-Delgado, 2006). En ese sentido el presente estudio tuvo por objetivo utilizar los marcadores moleculares microsatélites o SSR (Simple Sequence Repeats) para la evaluación de la variabilidad genética de la castaña en poblaciones naturales de la región de Madre de Dios.

MATERIAL Y MÉTODOS

MUESTREO DE MATERIAL BIOLÓGICO

Fueron colectadas muestras de tejido foliar de 164 árboles proveniente de siete localidades naturales de *Bertholletia excelsa* "castaña" de la región de Madre de Dios (Figura 1): MUYMANU (S 75° 18' 49"; W 11° 41' 31"), MANURIPE (S 75° 13' 6"; W 11° 54' 13"), PIEDRAS (S 75° 24' 8"; W 12° 8' 30"), PARIAMARCA (S 75° 30' 24"; W 12° 19' 0"), PARIAMANU (S 75° 31' 33"; W 12° 29' 12"), PAMPA HERMOSA (S 75° 8' 52"; W 12° 20' 33") y VALENCIA (S 74° 52' 43"; W 12° 27' 8").

EXTRACCIÓN Y AMPLIFICACIÓN DE ADN

La extracción de ADN, fue realizada mediante el protocolo CTAB de Doyle & Doyle (1987), a partir de 100 mg de tejido foliar; y la amplificación del ADN, se realizó a través de la técnica de microsatélites, utilizando seis pares de primers selectivos (Tabla 1). Cada marcador amplificó una determinada región del genoma (locus). La reacción de amplificación fue realizada en un volumen total de 10 μl , conteniendo 5 U/ μl de Taq polimerasa, 1 μl de ADN molde, 5X de Buffer, 10mM dNTPs, 25mM de MgCl_2 , 10 μM de cada primer y agua ultrapura. Las condiciones de temperatura fueron: denaturación inicial a 96°C durante 2min.; seguida de 35 ciclos (denaturación a 94°C de 1min., hibridación a 56.8°C de 1min., y extensión a 72°C de 1min); seguida de una extensión final a 72 °C de 10 min. Los productos de amplificación fueron desnaturalizados y separados mediante electroforesis capilar utilizando un analizador genético (Applied Biosystems) 3130. Se tomó 1 μl del producto de PCR, junto con 8.6 μl de Formamida y 0.4 μl de GeneScan 500 ROX (marcador de peso molecular). El peso de los alelos (variación del tamaño del fragmento al locus amplificado) fue determinado usando el software Peak Scanner versión 1.0 (<https://products.appliedbiosystems.com>).

ANÁLISIS DE DATOS

La variación alélica, variabilidad genética intra localidad, número medio y total de alelos por locus y por localidad, alelos privados (alelos encontrados en una sola localidad), la heterocigosidad esperada (H_e) y heterocigosidad observadas (H_o) por locus y por localidad, fueron calculadas con la ayuda del software GenAlex versión 6.0 (Peakall & Smouse 2005); así como las desviaciones del equilibrio de Hardy-Weinberg, calculadas comparando los valores de F_{IS} observada con los valores F_{IS} teóricas por 1000 poblaciones panmicticas artificiales, generadas por 1000 permutaciones al azar entre los alelos en cada locus. La probabilidad de existencia de alelos nulos se

estimó mediante el programa Cervus 2.0 (Marshall *et al.*, 1998) de acuerdo a Brookfield (1996). La variabilidad genética entre las localidades fue ilustrada mediante el Análisis Factorial de Correspondencia (AFC), la diferenciación entre las localidades fue estimada en base al índice de fijación (F_{st}), el flujo genético mediante el número de migrantes (Nm) por generación (calculado obtenido en base a los valores de F_{ST} y R_{ST}); todos estos análisis fueron realizados con la ayuda del software Genetix versión 4.05 (Belkhir *et al.*, 2004). El estimador de diferenciación específica de microsatélites (R_{ST}), que es un estimador que considera un modelo de evolución “step by step” de los microsatélites, fue estimado con

el programa R_{ST} Calc versión 2.2 (Goodman, 1997). El Análisis espacial de la varianza molecular SAMOVA es un test que permite evaluar la significancia de la varianza molecular sin *a priori* indicar la procedencia geográfica de los individuos, buscando la estructura con una varianza máxima entre grupos de poblaciones (aquí localidades) y entre localidades dentro de grupos. La SAMOVA fue probada por 1000 permutaciones de individuos para cada nivel jerárquico utilizando el programa SAMOVA (Dupanloup *et al.*, 2002) y Arlequín 3.11 (Excoffier *et al.*, 1992). Se testaron dos ($k=2$), tres ($k=3$), cuatro ($k=4$) y cinco ($k=5$) grupos.

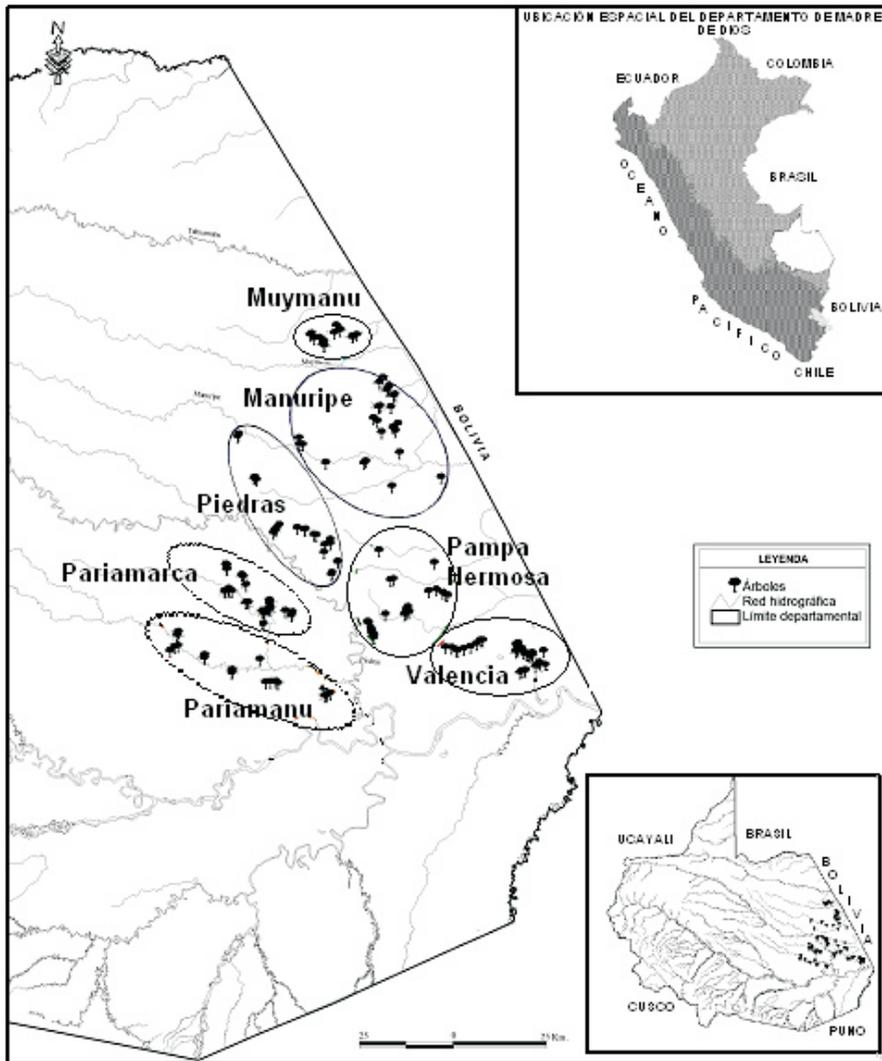


Figura 1. Mapa del departamento de Madre de Dios indicando la ubicación geográfica de las siete localidades donde fueron colectadas las muestras de castaña *Bertholletia excelsa* evaluadas en el estudio.

Tabla 1. Nombre, motivo de repetición, secuencia de los primers microsateles; rango de tamaño y número de alelos encontrados en la castaña *Bertholletia excelsa* de la región de Madre de Dios.

LOCUS	MOTIVO DE REPETICIÓN	SECUENCIA DE PRIMERS REIS <i>et al.</i> , 2008	RANGO TAMAÑO ALELOS	Nº ALELOS
Bex03	(AG) ₁₃	F: CTACCTACAGGTCCGTGCCA R: CGTATTTCTGTCAAACCTCT	92 - 106	4
Bex22	(CT) ₃₈	F: GCATTCTCTCATTTTCGCTTG R: CCCTAGCAATCGTCGTCTTC	118 - 136	9
Bex01	(AG) ₂₂	F: TTCCAGGCATTTTGTACAG R: CAAGAGCGCAGGAGAAGATT	210 - 248	7
Bex09	(CT) ₃₂	F: TATTCCATGGTCCTCCGT R: AGTCAATCATCTTCAAGAGT	98 - 138	6
Bex30	(CT) ₂₃ (CA) ₁₅	F: TGGAACGGTCACTTGAGACA R: CCCTCTCTCCTTCGCTTTTT	130 - 170	10
Bex37	(CT) ₁₉	F: TGCATGCTATGTTTCATTGCT R: CACGCAACCTCACAGTCTTG	176 - 204	11

Abreviaturas: Forward (F), Reverse (R),.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABILIDAD GENÉTICA Y PANMIXIA

Los 164 individuos de castaña presentaron 47 alelos con los seis marcadores microsateles evaluados (tabla 1). La media de alelos por locus fue 7.83, comparable con los niveles encontrados utilizando marcadores microsateles en otros árboles tanto de regiones tropicales como de climas templados. Por ejemplo podemos mencionar *Pithecellobium elegans*, *pithecellobium* (A=7.8; Chase *et al.*, 1996), *Pinus strobus*, pino blanco (A=7.7; Marquardt y Epperson, 2004), *Quercus petraea*, roble albar (A=7; Muir *et al.*, 2004), *Pinus resinosa*, pino rojo (A=9; Boys *et al.*, 2005), *Populus tremuloides*, álamo temblón (A=8.3; Cole, 2005), *Cocos nucifera*, coco (A=7.35; Rajesh *et al.*, 2008). Elevados valores de variación genética fueron encontrados también en poblaciones naturales de castaña en la Amazonía brasilera (68.7%) cuando fueron evaluados con marcadores moleculares RAPD (Kanashiro *et al.*, 1997).

Los valores de heterocigosidad esperada (H_e) variaron de 0.54 en el locus Bex01 a 0.77 en el locus Bex09. En tanto que la heterocigosidad observada (H_o) variaron de 0.52 en el locus Bex01 a 0.74 en el locus Bex37. La heterocigosidad multilocus observada y esperada son idénticas en cada localidad y varían muy poco entre

ellas (Manuripe: $H_e = 0.65$, $H_o = 0.66$; Piedras: $H_e = 0.70$, $H_o = 0.71$). En el análisis global considerando todas las localidades como una única unidad, no encontramos diferencia a la panmixia, ya sea a nivel de locus o multilocus (tabla 2). Estos resultados pueden estar íntimamente relacionados con la naturaleza alógama y la existencia de un sistema de autoincompatibilidad de la especie favoreciendo la conservación del alto porcentaje de heterocigotos (Motta, 2002). Frankham *et al.* (2008) indican que altos niveles de variabilidad genética son generalmente encontrados en plantas arbóreas perennes pues son utilizados como mecanismos que garantizan la sobrevivencia y adaptación de las especies; ya que la pérdida de esta variabilidad reduce el potencial evolutivo y el suceso reproductivo de las mismas.

Conociéndose que el número de alelos privados es una estimativa indirecta del flujo génico (Takahashi *et al.*, 2005), y cuanto más bajo sea éste, más alelos de este tipo surgen por mutación, y son fijados por eventos de deriva genética en una población (Slatkin, 1985). Además, que la presencia de estos alelos, parece caracterizar a poblaciones antiguas y relictas; al contrario su completa ausencia podría indicar que las poblaciones tienen un origen relativamente reciente (Fernández-Palacios, 2004).

Tabla 2. Frecuencia de alelos, heterocigosidad esperada y observada, Fis por locus y localidades de castaña *Bertholletia excelsa* estimados para las muestras analizadas de la región de Madre de Dios.

LOCUS	ALELOS	PIEDRAS n = 24	VALENCIA n = 23	P. HERMOSA n = 23	MANURIBE n = 26	MUYMANU n = 23	PARIAMANU n = 23	PARIAMARCA n = 22
	218	0.50	0.07	0.67	0.73	0.74	0.65	0.61
	220	0.15	0.02	0.13	0.08	0.00	0.09	0.16
	230	0.10	0.09	0.00	0.06	0.04	0.04	0.02
	232	0.10	0.13	0.00	0.08	0.04	0.11	0.05
Bex01	238	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.09
	242	0.13	0.07	0.15	0.06	0.15	0.07	0.05
	252	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
	He	0.69	0.49	0.50	0.45	0.43	0.55	0.58
	Ho	0.67	0.43	0.48	0.54	0.43	0.57	0.50
	Fis	-0.05	-0.13	0.02	-0.14	-0.08	0.02	0.29
Bex03	88	0.10	0.15	0.04	0.10	0.04	0.26	0.20
	94	0.17	0.28	0.35	0.29	0.24	0.35	0.18
	96	0.48	0.33	0.35	0.40	0.39	0.33	0.43
	102	0.25	0.24	0.26	0.21	0.33	0.07	0.18
	He	0.67	0.73	0.69	0.70	0.68	0.70	0.71
	Ho	0.75	0.74	0.70	0.65	0.78	0.65	0.63
	Fis	-0.10	0.01	0.01	0.09	-0.13	0.09	0.12
Bex09	116	0.35	0.24	0.30	0.27	0.22	0.26	0.30
	122	0.31	0.30	0.33	0.31	0.28	0.15	0.25
	128	0.06	0.04	0.04	0.04	0.09	0.09	0.11
	130	0.06	0.28	0.28	0.29	0.24	0.33	0.27
	132	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.05
	134	0.13	0.13	0.04	0.10	0.17	0.09	0.02
	He	0.75	0.75	0.72	0.74	0.78	0.78	0.76
	Ho	0.67	0.91	0.61	0.69	0.70	0.61	0.82
	Fis	0.13	-0.19	0.17	0.08	0.13	0.24*	0.05
Bex22	125	0.08	0.11	0.00	0.10	0.00	0.17	0.14
	131	0.13	0.11	0.07	0.13	0.20	0.00	0.05
	133	0.40	0.52	0.47	0.42	0.46	0.54	0.57
	135	0.04	0.07	0.04	0.10	0.07	0.02	0.00
	137	0.27	0.13	0.24	0.23	0.17	0.26	0.18
	143	0.04	0.04	0.09	0.00	0.07	0.00	0.07
	151	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
	161	0.04	0.02	0.09	0.00	0.02	0.00	0.00
	163	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
	He	0.74	0.68	0.69	0.73	0.71	0.61	0.62
	Ho	0.79	0.78	0.70	0.85	0.78	0.61	0.45
	Fis	-0.05	-0.13	0.02	-0.14	-0.08	0.02	0.29
Bex30	130	0.06	0.07	0.09	0.10	0.11	0.17	0.18
	142	0.02	0.07	0.09	0.02	0.02	0.00	0.00
	146	0.00	0.07	0.04	0.02	0.04	0.07	0.05
	158	0.13	0.02	0.04	0.19	0.13	0.26	0.18
	160	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
	162	0.56	0.57	0.57	0.56	0.54	0.40	0.50
	164	0.04	0.07	0.07	0.00	0.02	0.00	0.02
	172	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
	174	0.15	0.15	0.11	0.12	0.11	0.11	0.05
	176	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
	He	0.64	0.64	0.65	0.63	0.66	0.75	0.68
	Ho	0.71	0.70	0.65	0.65	0.61	0.87	0.64
	Fis	-0.086	-0.07	0.01	-0.02	0.01	-0.14	0.09
Bex37	190	0.00	0.00	0.00	0.20	0.15	0.00	0.00
	196	0.04	0.00	0.00	0.06	0.02	0.00	0.00
	200	0.50	0.39	0.46	0.52	0.39	0.39	0.41
	202	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
	204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
	206	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	208	0.19	0.17	0.22	0.19	0.21	0.41	0.43
	210	0.04	0.07	0.20	0.08	0.07	0.04	0.05
	212	0.17	0.26	0.13	0.13	0.09	0.13	0.09
	214	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
	218	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
	He	0.68	0.74	0.69	0.67	0.76	0.66	0.64
	Ho	0.67	0.91	0.65	0.77	0.78	0.78	0.64
	Fis	0.04	-0.22	0.08	-0.14	-0.00	-0.17	0.02
Multilocus	He	0.70	0.67	0.66	0.65	0.67	0.67	0.66
	Ho	0.71	0.69	0.67	0.66	0.69	0.69	0.68
	Fis	0.00	-0.09	0.06	-0.04	0.01	0.01	0.10

significancia: * $p < 0.05$

En el caso de la castaña se identificaron cinco alelos privados (alelos exclusivos para una localidad), en tres de las siete localidades, uno en Muymanu (Locus/alelo/frecuencia = Bex37/204/0.04), uno en Pariamanu (Locus/alelo/frecuencia = Bex30/176/0.02), y tres en Manuripe. (Locus/alelo/frecuencia = Bex22/151/0.01, Bex22/163/0.01, Bex37/218/0.01). Sin embargo, las bajas frecuencias encontradas en los alelos privados de la castaña (frecuencias menores a 1% de la población total) caracterizan a estos alelos como alelos raros, sin sustento como alelos privados, pero originados de un sesgo de muestreo (numero de muestreo reducido entre las localidades).

BUSQUEDA DE UNA ESTRUCTURACIÓN GENÉTICA

Los resultados del análisis factorial de correspondencia (AFC), muestra que las localidades están débilmente diferenciadas (estructurados) a nivel genético, con una fuerte sobreposición entre ellos. Los valores de inercia para los ejes 1 y 2 explican el 34.48% y 21.55% de la variación respectivamente. Sin embargo se observa (Figura 2) que una parte de los individuos de la localidad de Muymanu se separan claramente (ejes 1 y 2) del resto de individuos, en tanto que individuos de Manuripe muestran una ligera diferenciación (ejes 1 y 3).

El Análisis Espacial de Varianza Molecular SAMOVA indica que el mayor porcentaje de la variación se encuentra dentro de las localidades (valores variaron entre 97.48% en $K=2$ a 98.2% en $K=5$), y que solo una pequeña fracción se encuentra entre ellas (valores variaron entre 1.33% en $K=2$ a 2.24% en $K=4$), mostrando bajos porcentajes de diferenciación cualquiera que sea las agrupaciones obtenidas (tabla 3).

Entre pares de localidades (Tabla 4) la mayor diferenciación genética según los valores del índice de fijación y el estimador de diferenciación específica de microsatélites fueron Muymanu y Pariamanu ($F_{ST} = 0.038$, $***p < 0.001$; $R_{ST} = 0.112$, $**p < 0.01$). Mientras que las localidades más relacionadas para ambos índices fueron Valencia y Manuripe ($F_{ST} = 0.000$; $R_{ST} = 0.000$). Además el índice de fijación (F_{ST}) señaló que los pares de localidades Piedras-Valencia, Piedras-Manuripe, Pariamanu-Pariamarca no presentan diferenciación genética entre ellos (Tabla 4). Estos pares de poblaciones mostraron una ligera contradicción en cuanto a su diferenciación genética. No en tanto que los valores de F_{ST} reflejaron una diferenciación genética significativa entre ellos, el R_{ST} muestra valores bajos y no significativos para los mismos pares. Al contrario de lo observado por Lemes *et al.*, 2003, el F_{ST} es más sensible a evidenciar una estructuración que el R_{ST} , probablemente porque

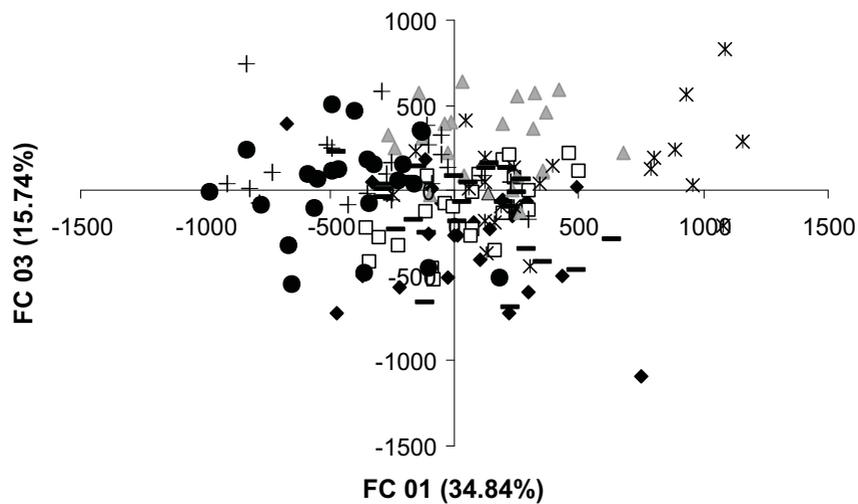
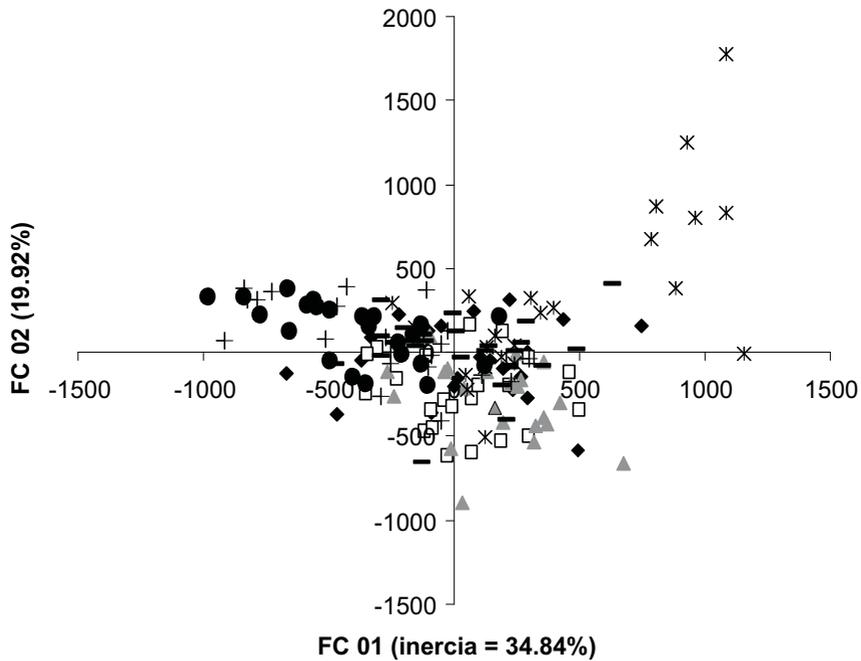
el modelo evolutivo de los microsatélites estudiados no es el modelo "step by step", sino un modelo aleatorio. La poca diferenciación entre las localidades es también corroborada por los resultados de flujo genético (Tabla 5), determinado por el número de migrantes (Nm) por generación, que muestra un elevado intercambio de genes entre las localidades. En caso del Nm basado en el F_{ST} los Nm variaron de 6.26 entre Muymanu-Pariamanu al infinito entre los pares de Piedras-Valencia, Piedras-Manuripe, Valencia-Manuripe y Pariamanu-Pariamarca). El Nm basado en el R_{ST} varió de 1.97 entre Muymanu-Pariamanu al infinito entre Valencia-Manuripe (Tabla 5).

Las castañas de la región de Madre de Dios hacen parte de una misma población genética (panmixia). Varias razones pueden explicar el flujo genético aleatorio (panmixia) entre estos árboles: la perennidad de los individuos, el sistema de reproducción alogamo, la polinización entomofila, la dispersión por roedores, la topografía poco accidentada, y una zona de estudio muy limitada. La perennidad de los individuos que es una característica de las especies leñosas como la castaña *B. excelsa* (Camargo *et al.*, 1994), que encierran alta variación genética, mayor dentro de las poblaciones que entre ellas, en comparación con otros tipos de plantas (Hamrick *et al.*, 1992).

Un sistema de reproducción alogamo que asegura un gran flujo de genes, combinado con una polinización entomofilia realizada por abejas euglosinas, que son robustos insectos capaces de volar grandes distancias (Tonhasca *et al.*, 2002; Dressler, 1982; Janzen, 1971).

Una dispersión por roedores que juega un importante papel en la propagación de las semillas. Como por ejemplo el majaz (*Agouti paca*) y el añuje (*Dasyprocta variegata*), quienes suelen enterrar los frutos colectados entre 25 a 100 metros de distancia del árbol madre (Zuidema & Boot, 2002; Mori, 1995). Una topografía poco accidentada de la región de Madre de Dios, con pocas barreras geográficas de gran importancia para impedir el flujo de genes entre los árboles relativamente próximos.

Por ultimo una zona de estudio muy limitada en relación a la amplia distribución de la castaña en el sur de la Amazonía continental (Perú, Bolivia y Brasil) que sobrepasa los 120,000 km², abarcando en Bolivia el departamento del Pando, Provincia Vaca Diez (Departamento del Beni) y el norte de Iturrealde (Departamento de la Paz), en Brasil los estados de Acre y Rondonia y en el Perú gran parte del departamento de Madre de Dios. Los aproximadamente 13,789 km² analizados en la región de Madre de Dios corresponden a solo una pequeña fracción (11 %) de la distribución total de esta especie en el sur de la Amazonía continental.



- ◆ Piedras
- Valencia
- ▲ Pampa Hermosa
- Manuripe
- × Muymanu
- Pariamanu
- + Pariamarca

Figura 2. Representación gráfica de los resultados del Análisis Factorial de Correspondencia (AFC): A = FC 01 Vs FC 02 y B = FC 01 Vs FC 03 inferidos en función a los genotipos encontrados en la castaña *Bertholletia excelsa* proveniente de siete localidades del departamento de Madre de Dios. Los puntos están distribuidos sobre un plano factorial bidimensional.

Tabla 3. Análisis espacial de varianza molecular (SAMOVA) calculados a partir de seis locus microsateélites de castaña *Bertholletia excelsa* proveniente de siete localidades del departamento de Madre de Dios.

FUENTE DE VARIACIÓN	G.L.	VARIANZA DE COMPONENTES	PORCENTAJE DE VARIACIÓN	VALOR DE P
k = 2 grupos (Piedras, Valencia, Pampa Hermosa, Manuripe, Pariamanu, Pariamarca) y (Muymanu)				
Entre grupos de poblaciones	1	0.028	1.33	0.141 ± 0.011
Entre poblaciones dentro de los grupos	5	0.025	1.19	0.000 ± 0.000
Dentro de las poblaciones	321	2.039	97.48	0.000 ± 0.000
k = 3 grupos (Piedras, Valencia, Manuripe, Muymanu), (Pariamanu, Pariamarca) y (Pampa Hermosa)				
Entre grupos de poblaciones	2	0.036	1.73	0.013 ± 0.004
Entre poblaciones dentro de los grupos	4	0.005	0.24	0.000 ± 0.000
Dentro de las poblaciones	321	2.039	98.03	0.000 ± 0.000
k = 4 grupos (Piedras, Valencia, Manuripe), (Pariamanu, Pariamarca), (Pampa Hermosa) y (Muymanu)				
Entre grupos de poblaciones	3	0.047	2.24	0.005 ± 0.002
Entre poblaciones dentro de los grupos	3	0.006	0.29	0.000 ± 0.000
Dentro de las poblaciones	321	2.039	98.06	0.000 ± 0.000
k = 5 grupos (Piedras, Valencia, Manuripe), (Pariamanu), (Pariamarca), (Pampa Hermosa) y (Muymanu)				
Entre grupos de poblaciones	4	0.043	2.06	0.024 ± 0.005
Entre poblaciones dentro de los grupos	2	0.005	0.26	0.000 ± 0.000
Dentro de las poblaciones	321	2.039	98.2	0.000 ± 0.000

Tabla 4. Índices de F_{ST} (arriba de la diagonal) y R_{ST} (debajo de la diagonal), número de migrantes (Nm) por generación (en *italico* después del valor de F_{ST} o R_{ST}) calculados a partir de seis loci microsateélites de *Bertholletia excelsa* "castaña" proveniente de siete localidades del departamento de Madre de Dios.

LOCALIDADES	PIEDRAS	VALENCIA	PAMPA HERMOSA	MANURIPE	MUYMANU	PARIAMANU	PARIAMARCA
Piedras	-	0.000 ns /	0.025** / 9.77	0.000ns /	0.020* / 11.98	0.020* / 12.14	0.007 ns / 35.99
Valencia	0.005 ns / 47.24	-	0.018* / 13.95	0.000ns /	0.021* / 11.68	0.029*** / 8.23	0.011* / 23.31
Pampa hermosa	0.046* / 5.13	0.012 ns / 20.31	-	0.020** / 12.05	0.021* / 11.80	0.025** / 9.58	0.014* / 18.43
Manuripe	0.021 ns / 11.64	0.000 ns /	0.012 ns / 20.94	-	0.021* / 11.86	0.027** / 9.13	0.009 ns / 28.22
Muymanu	0.056* / 4.23	0.076** / 3.06	0.069** / 3.39	0.058** / 4.04	-	0.038*** / 6.26	0.025* / 9.65
Pariamanu	0.059** / 3.96	0.046** / 5.16	0.056** / 4.23	0.075*** / 3.08	0.112** / 1.97	-	0.000 ns /
Pariamarca	0.008 ns / 32.30	0.003 ns / 86.93	0.026* / 9.46	0.022* / 10.90	0.055* / 4.31	0.006 ns / 38.34	-

significancia: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; ns = no significativo; Infinito () .

CONCLUSIONES

Todas las localidades analizadas parecen formar parte de una única población panmictica, probablemente mucho más amplia (lado boliviano y brasilero). La variabilidad genética observada parece estar relacionada a los rasgos de vida de la castaña (perennidad, edad, tiempo de generación, sistema alogamo, modo de dispersión, modo de polinización) y a su demografía todavía alta. Las pequeñas variaciones (F_{st}) entre localidades no se detectan al nivel del F_{is} porque estarían relacionadas a una estructura de emparentados (endogamia) entre los árboles. Todo esto muestra que existe una necesidad de establecer políticas de gestión conjunta entre Perú, Brasil y Bolivia para la conservación y uso sostenido de la castaña en el sur de la Amazonía continental.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano – INCAGRO, por el financiamiento parcial del presente estudio a través del subproyecto “Mejoramiento genético de la castaña (*Bertholletia excelsa*) aplicado al desarrollo regional de Madre de Dios”.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Azofeifa-Delgado, A. 2006. Uso de marcadores moleculares en plantas; aplicaciones en frutales del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 17(2): 221-242.
- Belkhir, K.; Borsa, P.; Chichi, I.; Raufast, N.; Bonhomme, F. 2004. GENETIX 4.05.2, logiciel sous windows TM pour la génétique des populations. Laboratoire génome, populations, interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier, France.
- Brookfield, J.F.Y. 1996. A simple new method for estimating null frequency from heterozygote deficiency. *Molecular Ecology*, 5: 453-455.
- Boys, J.; Cherry, M.; Dayanandan, S. 2005. Microsatellite Analysis Reveals Genetically Distinct Populations of Red Pine (*Pinus resinosa*, Pinaceae). *American Journal of Botany*, 92(5): 833-841.
- Camargo, P.B.D.; Salomao, R.P.; Trumbore, S.; Martinelli, L.A. 1994. How old are large Brazil-nut trees (*Bertholletia excelsa*) in the Amazon? *Scientia Agricola*, 51: 389-391.
- Chase, M.; Kesseli, R.; Bawa, K. 1996. Microsatellite markers for population and conservation genetics of Tropical Trees. *American Journal of Botany*, 83(1): 51-57.
- Cole, C.T. 2005. Allelic and population variation of microsatellite loci in aspen (*Populus tremuloides*). *New Phytologist*, 167(1): 155-164.
- Dressler, R.L. 1982. Biology of the Orchid Bees (Euglossini). *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13: 373-394.
- Doyle, J.J.; Doyle J.L. 1987. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12: 13-15.
- Dupanloup, I.; Schneider, S.; Excoffier, L. 2002. A simulated annealing approach to define the genetic structure of populations. *Molecular Ecology*, 11: 2571-2581.
- Excoffier, L.; Smouse, P.; Quattro, J.M. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: an application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics*, 131: 479-491.
- Frankham, R.; Ballou, J. D. and Briscoe, D. A. 2008. Fundamentos de Genética da Conservação. Sociedade Brasileira de Genética. 280pp.
- Goodman, S.J. 1997. RstCalc: a collection of computer programs for calculating estimates of genetic differentiation from microsatellite data and determining their significance. *Molecular Ecology*, 6(9): 881-885.
- Kalliola, R.; Puhakka, M.; Danjoy, W. 1993. Amazonía Peruana, vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía, Universidad de Turku, Turku, Finlandia. 265pp.
- Kanashiro, M.; Harris, S.A.; Simons, A. 1997. RAPD diversity in Brazil nut *Bertholletia excelsa* (Hunb. & Bonpl.: Lecythidaceae). *Silvae Genetica*, 46: 219-223.
- Karp, A.; Kresovich, S.; Bhat, K.V.; Ayad, W.G.; Hodgkin, T. 1997. Molecular tools in plant genetic resources: A guide to the technologies. IPGRI. Rome-Italy.
- Lawrence, A.; Phillips, O.L.; Reategui Ismodes, A.; Lopez, M.; Rose, S.; Wood, D.; Farfan, A.J. 2005. Local values for harvested forest plants in Madre de Dios, Peru: towards a more contextualized interpretation of quantitative ethnobotanical data. *Biodiversity and Conservation*, 14: 45-79.
- Lemes, M.R.; Gribel, R.; Proctor, J.; Grattapaglia, D. 2003. Population genetic structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) across the Brazilian Amazon, based on variation at microsatellite loci: implications for conservation. *Molecular Ecology*, 12: 2875-2883.
- Marquardt, P.E.; Epperson, B.Y. 2004. Spatial and population genetic structure of microsatellites in white pine. *Molecular Ecology*, 13: 3305-3315

- Marshall, T., J. Slate, L. Kruk and J. Pemberton. 1998. Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. *Mol. Ecol.*, 7: 639-655.
- Moegenburg, S.M; Levey, D.J. 2002. Prospects for conserving biodiversity in Amazonian extractive reserves. *Ecology Letters*, 5: 320–324.
- Mori, S. A. 1995. La Nuez del Brazil. Institute of Systematic Botany, The New York Botanical Garden, Bronx, New York. Etnobotanica No 5.
- Motta, M. 2002. Reproductive phenology and pollination of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. En: Kevan P & Imperatriz Fonseca VL (eds) - Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature - Ministry of Environment / Brasilia. p. 245-254.
- Muir, G.; Lowe, A.J.; Fleming, C.C.; Vogl, C. 2004. High Nuclear Genetic Diversity, High Levels of Outcrossing and Low Differentiation Among Remnant Populations of *Quercus petraea* at the Margin of its Range in Ireland. *Annals of Botany*, 93: 691-697.
- Pastor, S. 2004. Manejo de la Biotecnología Apropiaada para Pequeños Productores: Estudio de Caso – Perú. REDBIO / FAO. Lima – Peru. p. 42-43.
- Peakall, R.; Smouse, P.E. 2005. GenAlEx V6: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Australian National University, Canberra. Disponible via <http://www.anu.edu.au/BoZo/GenAlEx>.
- Rajesh, M.K.; Nagarajan, P.; Jerard, B.A.; Arunachalam, V.; Dhanapal, R. 2008. *Current Science*, 94(12): 1627-1631.
- Ramírez Chávez, J. 2006. Experiencia de Manejo Sostenible de la Castaña (*Bertholletia excelsa*) el Parque Nacional Bahuaja Sonene y Reserva Nacional Tambopata - Madre de Dios Perú. Boletín IFP Fundación EQUITAS. Especial N°2 | LSJII – Oaxaca.
- Reis A.M.; Braga A.C.; Lemes M.R.; Gribel R.; Collevatti R.G. 2008. Development and characterization of microsatellite markers for the Brazil nut tree *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae). *Molecular Ecology Resources*, 9(3): 920-923.
- Slatkin, M. 1985. Rare alleles as indicators of gene flow. *Evolution*, 39: 12.
- Takahashi, T.; Tani, N.; Taira, H.; Tsumura, Y. 2005. Microsatellite markers reveal high allelic variation in natural populations of *Cryptomeria japonica* near refugial areas of the last glacial period. *Journal of Plant Resource*, 118: 83-90.
- Thomson, C.; Chisholm A.; McLachlan, S.; Campbell, J. 2008. Brazil nuts: an effective way to improve selenium status. *The Medical Journal of Medical Nutrition*. 87: 379-84.
- Tonhasca, A. Jr.; Blackmer, J.L.; Albuquerque, G.S. 2002. Abundance and Diversity of Euglossine Bees in the Fragmented Landscape of the Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*. 34(3): 416-422.
- Zuidema, P.; Boot, R. 2002. Demography of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: Impact of Seed Extraction on Recruitment and Population Dynamics. *Tropical Ecology*, 18: 1-31.

COSECHA DE CASHAVARA *Desmoncus polyacanthos* MARTIUS, EN LOS BOSQUES INUNDABLES DE LA AMAZONIA PERUANA

Gustavo TORRES VASQUEZ¹, Evelin RODRIGUEZ REATEGUI², Cesar DELGADO VASQUEZ³, Dennis DELCASTILLO TORRES¹

- 1 Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP), Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUE). Iquitos, Perú, gtorres@iiap.org.pe
- 2 Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), Facultad de Ciencias Forestales, Iquitos, Perú, evelita_20@hotmail.com
- 3 Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP), Programa de Investigación en Biodiversidad Amazónica (PIBA), Iquitos, Perú.

RESUMEN

Polyacantha Desmoncus es una palmera trepadora que se ocurre en las zonas bajas de la Amazonía peruana, donde se le conoce como cashavara o varacasha. La especie es utilizada por la población rural en las artesanías y la fabricación de muebles. Parcelas de evaluación se establecieron alrededor de los lagos Supay y vainilla (distrito de Jenaro Herrera) para evaluar la aparición y crecimiento de estipes, la generación de nuevos brotes, y la salud y el vigor de las plantas maduras. El experimento constó de cuatro tratamientos (intensidades de cosecha), las cuales se evaluaron durante diez meses. Los resultados muestran grandes diferencias entre los tratamientos, especialmente en el crecimiento longitudinal de estipes de cashavara, destacando claramente el tratamiento tres (T3: longitud promedio 883.66 cm), con un valor promedio de 883,66 cm. El menor crecimiento longitudinal de estipes se reportó para el tratamiento (T1: longitud promedio de 282,18 cm). Las evaluaciones de vigor de la planta (tallos) de *D.polyacantha*, mostraron buen vigor en el 90,60% de las plantas, vigor normal en 6,3%, y sólo el 3,10% de mortalidad.

PALABRAS CLAVE: *Desmoncus polyacanthos*, cashavara, estípites, bosques inundables.

CASHAVARA HARVEST *Desmoncus polyacanthos* MARTIUS IN THE FLOOD FORESTS OF THE PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT

Desmoncus polyacantha palm climber that occurs in the lowland areas of the Peruvian Amazon, where it is known as *cashavara* or *varacasha*. The species is used by rural people in handicrafts and furniture-making. Evaluation plots were established around lakes Supay and Vanilla (Jenaro Herrera district) to evaluate the appearance and growth of stipes, generation of new shoots, and the health and vigor of mature plants. The experiment included four treatments (harvest intensities), which were evaluated over ten months. The results show large differences among treatments, especially in longitudinal growth of cashavara stipes, clearly highlighting treatment three (T3: average length 883.66 cm), with an average value of 883.66 cm. The lowest longitudinal growth of stipes was reported for treatment (T1: average length of 282.18 cm). Evaluations of plant strength (tillers) from *D. polyacantha*, showed good vigor in 90.60% of plants, normal vigor in 6.3%, and only 3.10% mortality.

KEYWORDS: *Desmoncus polyacanthos*, cashavara, stipes, floodplain forest

INTRODUCCIÓN

Desmoncus es el único género de palmeras trepadoras en América tropical. Se caracteriza por formar una mata (macolla) no muy densa, cuyos tallos flexibles alcanzan las copas del estrato medio del bosque, apoyándose para ello, en los árboles contiguos, poseen finas espinas de hasta 6 cm de largo que cubren regularmente los tallos. Para treparse sobre los individuos sostenes esta especie utiliza sus hojas, cuyo ráquis termina en un apéndice en forma de garfios (Pineda *et al.*, 1995; Chinchilla, 1993; Henderson, 1995). Este género de palmera debido a sus características mecánicas (flexión y tracción) puede utilizarse como alternativa en el reemplazo del ratán *Calamus* sp. (Muños & Carpio, 1995).

En la Amazonía Peruana predomina la especie *Desmoncus polyacanthos*, localmente conocido como “cashavara” o “varacasha” por la cantidad de espinas presentes en toda la superficie de la planta. Habitualmente esta especie se encuentra en los bosques inundables de la Amazonía Peruana, siendo afectado periódicamente por las aguas de los ríos

durante la época de inundación, pero lográndose recuperar rápidamente (Torres *et al.*, 2010).

Las fibras obtenidas son producto de la cosecha de los estípites maduros y son destinados al mercado local para su utilización en artesanías o cestería. En las ciudades mayores son usadas en la industria de muebles principalmente como complemento de los espaldares y asientos conocidos como “esterillados”. La extracción artesanal consiste en cortar el estípite en la base y jalarlo hasta dejarlo caer al suelo. Luego mediante una clasificación se separa la parte aprovechable (desde la base hasta la parte madura), posteriormente se quita la corteza exterior conjuntamente con las espinas que se encuentran en el estípite (Figura 1). Este proceso de extracción tradicional no tiene en cuenta la clasificación de los estípites presentes en la mata, tampoco alternativas de manejo de los estípites remanentes. En este sentido el presente estudio tuvo como objetivo generar información sobre técnicas de cosecha sostenible para el manejo de cashavara en la Amazonía Peruana y de esta forma contribuir a la conservación de la especie.



Figura 1. Proceso de extracción de los estípites aprovechables de cashavara *Desmoncus polyacanthos* sin manejo de los estípites remanentes

MATERIAL Y MÉTODOS

ÁREA DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en los bosques estacionalmente inundables, ubicados en la zona de los lagos Supay y Vainilla (distrito de Jenaro Herrera, Provincia de Requena, Departamento de Loreto). La zona de Jenaro Herrera presenta un clima húmedo tropical, una temperatura media anual de 25.9 °C, con fluctuaciones de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, la precipitación media anual es de 2 715mm, con una precipitación media mensual entre 140 y 309mm. (Kvist & Nebel, 2001). Jenaro Herrera muestra dos paisajes distintos: La Planicie Aluvial Fluvial, inundada estacionalmente durante el periodo de creciente del Río Ucayali, y La Planicie Interfluvial o Zona de Altura (tierra firme), no influenciada por las variaciones estacionales del nivel de aguas del Río principal (López - Parodi & Freitas, 1990).

INVENTARIO DE LAS MATA ADULTAS

Para la instalación del experimento se realizó inventarios en la zona inundable de Jenaro Herrera, en donde se establecieron cuatro parcelas de 50m X 50m divididas en sub parcelas de 10m X10m, para tomar los siguientes registros de campo: N° de parcela, N° de sub parcela, N° de macolla, N° de estípites sobre maduros, N° de estípites aprovechables o maduros y N° de estípites verdes (remanentes en una macolla).

EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LAS PLANTAS

Posterior a la instalación del experimento, se registraron datos del crecimiento longitudinal de los

estípites verdes o remanentes, así como también de los hijuelos o nuevos estípites, el cual consistió en medir desde la base hasta el ápice de la última hoja, utilizan do para ello una wincha graduada en centímetros.

EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LAS PLANTAS

La escala cualitativa que evaluó el vigor de las plantas es la siguiente:

Bueno: Mediano follaje (3 a 5 yemas) color verde intenso, con presencia de color verde pálido, apariencia saludable de las plantas y sus raíces, (Calificación 1).

Regular: Poco follaje (1 a 2 yemas) color predominante verde amarillento apariencia débil de la planta y sus raíces (Calificación 2).

Muerto: Plantas con estípites y hojas secas (Calificación 0).

DISEÑO EXPERIMENTAL DE COSECHA EN CASHAVARA

Para el caso de cashavara se utilizó un diseño experimental con bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y 8 repeticiones (Tabla 1).

CLASIFICACIÓN DE LOS ESTÍPITES

Estípites Sobre maduros: Son aquellos estípites que han pasado su condición de aprovechables, muchas de ellas llegan al estado de pudrición, debido a que estas no fueron cosechadas en su momento.

Estípites Maduro: Son aquellas raíces que tienen la condición de ser aprovechadas.

Estípites Remanentes: Son aquellos estípites jóvenes que se dejan para futuras cosechas.

Tabla 1. Tratamientos del diseño experimental completamente al azar aplicado al estudio de la cashavara *Desmoncus polyacanthos*.

TRATAMIENTO	DEFINICIÓN	REPETICIONES
1	Cosecha de 100% de estípites sobre maduros y 100% de estípites aprovechables	8
2	Cosecha de 100% de estípites sobre maduros, 100% de estípites aprovechables y 10% de estípites remanentes.	8
3	Cosecha de 100% de estípites sobre maduros, 100% de estípites aprovechables y 25% de estípites remanentes	8
4	Cosecha de 100% de estípites sobre maduros, 100% de estípites aprovechables y 50% de estípites remanentes	8

RESULTADOS Y DISCUSIONES

EVALUACIÓN SILVICULTURAL Y MANEJO DE LOS ESTÍPITES DE *Desmoncus polyacanthos*

En la Tabla 2, se muestra una alta de significancia estadística entre los tratamientos (p -value: 0.001, Ft: 8,42), para la variable longitud de estípites (cm); destacándose el tratamiento T3 (manejo de estípites remanentes al 25%), con un valor promedio de 883.66 cm. El menor crecimiento longitudinal de estípites lo reportó el T1 (sin manejo de estípites remanentes), con valor promedio de 282,18 cm.

La significancia obtenidas en las medias de los cuatro tratamientos nos permiten afirmar que la especie cashavara en poblaciones naturales o silvestres responden satisfactoriamente al manejo de 25% de estípites remanentes. Observándose que las plantas de cashavara sin manejo de sus estípites presentaron menor crecimiento debido a la competencia de los hijuelos por suelo y luz. Sin embargo en los tratamientos con remoción de hijuelos, la extracción de los estípites atacados por insectos u hongos, estípites totalmente defoliados o rotos, entre otras características de mal estado, permite potencializar la productibilidad de la mata, debido a que seleccionamos los estípites de mejor calidad.

Esto es reforzado por los resultados obtenidos al término de las evaluaciones (Figura 2), donde el mayor promedio está claramente evidenciado en el T3 (manejo del 25% de los estípites remanentes). Con estos resultados se hace evidente la importancia de la intervención del extractor en el manejo de las macollas al momento de ejecutar la cosecha de los estípites de cashavara, es decir, siempre que el extractor accede al

bosque a realizar prácticas de cosecha debe tener en cuenta que se debe cosechar el 100% de los estípites sobremaduros, 100% de los estípites aprovechables y 25% de estípites remanentes que corresponden a estípites sin futuro valor comercial.

EVALUACIÓN DEL VIGOR DE LA CASHAVARA SOMETIDAS A DIFERENTES INTENSIDADES DE COSECHA

Después de diez meses de evaluación, el 90.6% de las plantas sometidas a diferentes intensidades de cosecha mostraron un buen vigor y solamente un 3.1% de plantas murieron cuyo efecto es considerado como baja intensidad para los fines de la investigación (Tabla 3).

Para un análisis más amplio de esta fuente de variación la Figura 3, muestra el efecto del vigor entre los tratamientos, observándose que el Tratamiento tres, T3 (con manejo del 25% de estípites remanentes) mostró la mejor performance al obtener 100% de sobrevivencia; manifestándose una vez más las mejores condiciones de manejo con este tratamiento, por otro lado el Tratamiento uno T1 (sin manejo de estípites remanentes) reporta el 13% de mortandad, siendo la única fuente de variación de los datos en el ensayo, la mortandad de las plantas se deben a una fuerte intensidad de cosecha de los estípites. Además existe diferencia significativa respecto en el Tratamiento tres T3, respecto a los demás tratamientos, porque asegura una sobrevivencia mínima de hasta el 75% de las matas bajo estas condiciones de cosecha.

Tabla 2. Prueba de Tukey de tratamientos para el crecimiento Longitudinal de Raíz (cm) de Cashavara *Desmoncus polyacanthos*.

OM	CLAVE	DESCRIPCIÓN	MEDIAS	SIG.
1	T3	Manejo al 25% de estípites remanentes	883.66	a
2	T2	Manejo al 10% de estípites remanentes	540.09	b
3	T4	Manejo al 50% de estípites remanentes	321.69	b
4	T1	Sin manejo de estípites remanentes	282.18	b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

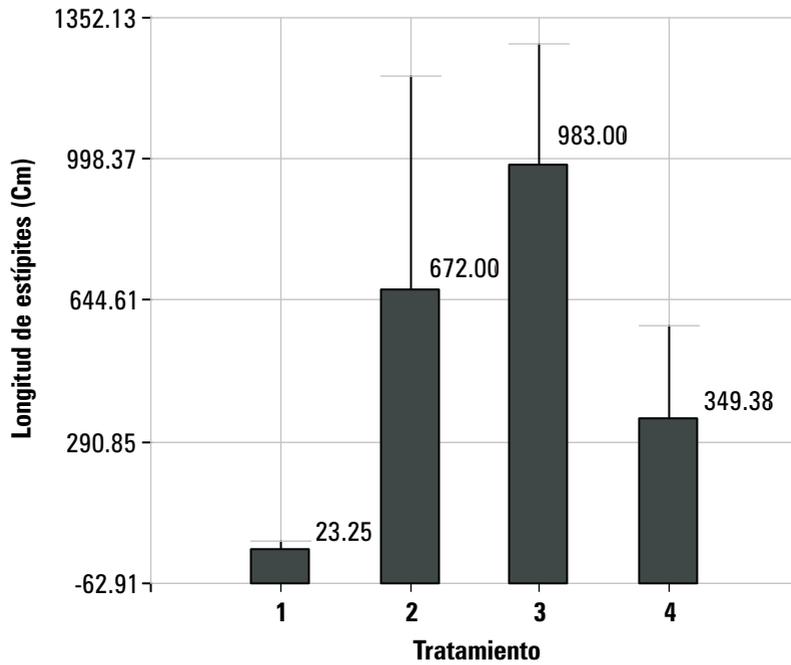


Figura 2. Promedio del crecimiento longitudinal de los estípites (cm) por tratamiento en cashavara *Desmoncus polyacanthos*.

Tabla 3. Vigor de los estípites de cashavara *Desmoncus polyacanthos* analizados.

		FRECUENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE VÁLIDO	PORCENTAJE ACUMULADO
Válidos	Muerto	1	3.1	3.1	3.1
	Bueno	29	90.6	90.6	93.8
	Regular	2	6.3	6.3	100.0
Total		32	100.0	100.0	

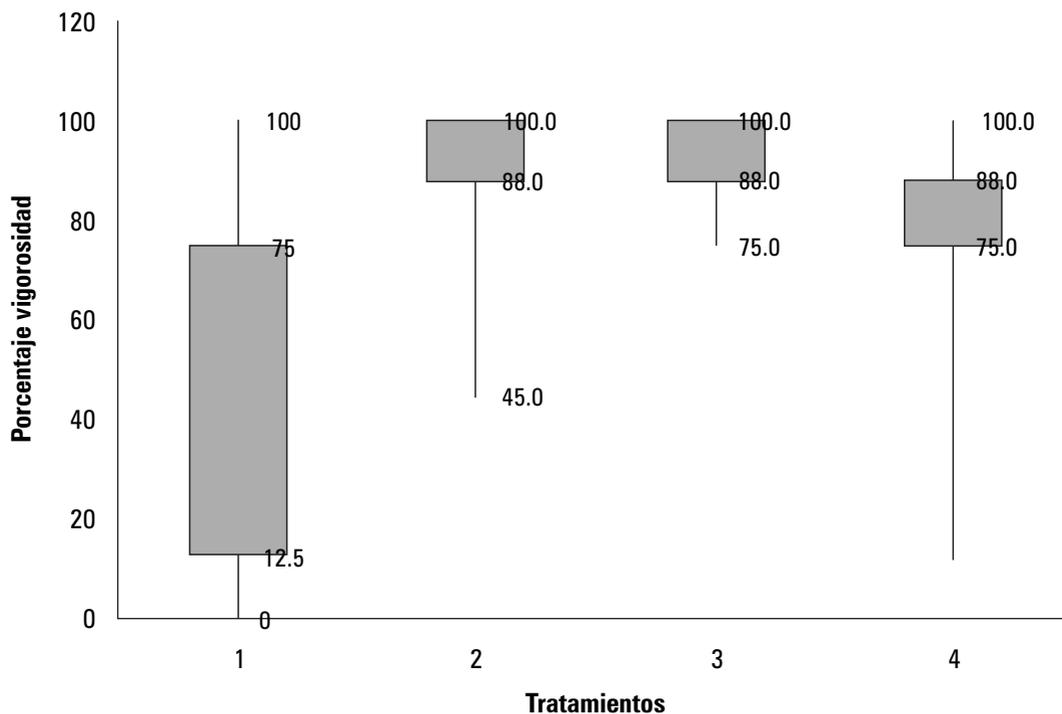


Figura 3. Evaluación del vigor en cashavara *Desmoncus polyacanthos* en los respectivos tratamientos.



Figura 4. Planta de cashavara *Desmoncus polyacanthos* con buen vigor.

CONCLUSIONES

Se encontró una alta significancia estadística para los tratamientos; especialmente en el crecimiento longitudinal (cm) de los estípites de cashavara; destacándose nítidamente el tratamiento 3 (manejo de estípites remanentes al 25%), con un valor promedio de 883.66 cm. El menor crecimiento longitudinal (cm) de estípites lo reportó el T1 (sin manejo de los estípites remanentes), con valor promedio de 282.18 cm. Lo que nos permite estimar que la especie responde adecuadamente al manejo de los estípites remanentes, con una cosecha controlada dejando un 75% de estos estípites inalterados; extrayendo el 25% de los estípites remanentes sin futuro valor comercial.

Las evaluaciones del vigor de *D. polyacanthos* en poblaciones naturales, sometidas a diferentes tratamientos e intensidades de cosecha, reporta un 90.6 % de plantas que mostraron buen vigor, el 6.3%, con regular vigor y un 3.1% de plantas murieron cuyo efecto es considerado como de baja intensidad para los fines de la investigación.

Mediante el análisis de los resultados se demostró que en todos los parámetros de evaluación el Tratamiento tres (T3) que consiste en cosechar el 100% de los estípites sobre maduros, 100% de los estípites aprovechables y 25% de estípites remanentes fue significativamente mejor a los demás tratamientos, por consiguiente correspondería a escogerse como una técnica para el aprovechamiento sostenible de cashavara en los bosques inundables de la Amazonía Peruana.

AGRADECIMIENTO

Al Proyecto de Investigación y Extensión Agrícola para la Innovación y Competitividad del Agro Peruano (PIEA-INCAGRO) del Ministerio de Agricultura por el financiamiento del presente trabajo de investigación; a los señores: Carlos Shapiama, Geiner Murayari, Angel Jiménez, Juan Sánchez y Julio Irarica por el apoyo en las evaluaciones de campo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Chinchilla, M. 1993. Caracterización preliminar del bayal (*Desmoncus spp*) en Aldea La Pasadita, San Andrés Petén. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. Proyecto OLAFO. 46p.
- Henderson, A. Galeano, G.; Bernal, R. 1995. Field Guide to the palms of the Americas. Princeton. University Press. Princeton, New Jersey. 199p.
- Kvist, L. P.; Nebel, G. 2001. A review of Peruvian flood plain forests: ecosystems, inhabitants and resource use. In: Forest Ecology Management (150)3-26.
- López, J. P.; Freitas, D. 1990. Geographical aspects of forested wetlands in the lower Ucayali. Peruvian. For. Ecol. Manageme 33/34. 157-158p.
- Muños, F.; Carpio, I. 1995. Uso potencial de la palma de Bayal como sustituto del Ratán. Universidad de Costa Rica. Proyecto OLAFO – CATIE. 24p.
- Pineda, P.; Marmillod, D.; Ferreira, P.; Ocampo, R. 1995. Elementos de muestreo para el diseño de inventario de bayal (*Desmoncus sp*) en el bosque petenero. In: Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Segunda semana científica 1994 – 1995; resúmenes. Turrialba. Costa Rica. pp 103 – 107.
- Torres, G.; Delgado, C.; MejíaA, K. 2010. Potential Harvest of *Desmoncus polyacanthos* (Arecaceae) in the Peruvian Amazonia. Revista Palms. Journal of the international Palm Society. Vol 54(2) 73-76. Jun 2010.

PLAN DE MANEJO DEL ZÚNGARO TIGRINUS *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) EN LA AMAZONÍA PERUANA

Fernando ALCÁNTARA¹, Fred CHU-KOO¹, Luciano RODRÍGUEZ¹, Carlos CHÁVEZ¹, Salvador TELLO¹, Aurea GARCÍA¹, Germán MURRIETA², Jorge MORI², Jesús NUÑEZ³, Carmen GARCÍA-DÁVILA¹, Fabrice DUPONCHELLE³

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (AQUAREC), Carretera Iquitos–Nauta, Km 4.5. Iquitos, Perú, E.mail : fab_001@hotmail.com
- 2 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana - UNAP. Escuela de Post Grado. Cátedra CONCYTEC. Maestría en Acuicultura. Iquitos, Perú.
- 3 Institut de Recherche pour le Développement-IRD. 175 Caviar, BP 5095, 34196 Montpellier cedex 05, France.

RESUMEN

El zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Pimelodidae) es un pez que, en su medio natural, alcanza 85 cm de longitud y 5,200 g de peso, habita la corriente del río Amazonas y es capturado por pescadores de peces ornamentales al estado de alevino y, ocasionalmente, por pescadores de peces de consumo, en el tramo comprendido entre Tamishiyacu y la Refinería Luis F. Díaz; aguas arriba y aguas abajo de Iquitos, respectivamente. *B. tigrinum* ocupa el tercer lugar de exportación, situándose en orden de importancia después de la arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* y el peje torre *Phractocephalus hemiliopterus* en la pesquería de peces ornamentales con base en Iquitos, Perú. Por esta razón, un sector importante de la población se dedica a la pesca, acopio, cría y comercialización de esta especie, impactando la reposición de sus poblaciones naturales. Como consecuencia la Dirección Regional de Loreto del Ministerio de la Producción, mediante planes de manejo propuestos por la Asociación de Pescadores de Peces Ornamentales de Loreto, Iquitos, APPOLI, establece cuotas anuales de captura de alevinos. En este artículo se propone un plan de manejo del zúngaro tigrinus *B. tigrinum* que considera estrategias orientadas a mejorar el conocimiento y la administración del recurso, reduciendo la cuota anual de pesca de 6,000 a 5,000 alevinos.

PALABRAS CLAVE: Zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum*, plan de manejo, cuota anual de captura.

MANAGEMENT PLAN FOR ZÚNGARO TIGRINUS *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) IN THE PERUVIAN AMAZON

ABSTRACT

The catfish zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Pimelodidae) reaches in the wild 85 cm in length and 5.200 g in weight, inhabits the main channel of the Amazon River . It is captured by fishermen as a fry for the ornamental trade and occasionally as an adult for human consumption in the section between Tamishiyacu and Luis F. Refinery Diaz upstream and downstream from Iquitos, respectively. *B. tigrinum* is the third most important exported species after the arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* and Peje torre *Phractocephalus hemiliopterus* in the ornamental fishery based in Iquitos, Peru. For this reason, an important sector of the population engages in fishing, gathering, breeding and marketing this species, greatly impacting their natural populations. As a result the Regional Direction of Loreto of the Ministry of Production, following management plans proposed by the Fishermen's Association of Ornamental Fish Loreto, Iquitos, APPOLI, sets annual catch quota of fry. This article proposes a management plan for *B. tigrinum* aiming at improving the knowledge and management of this important resource, and proposes to reduce the annual fry catch 6.000 to 5.000.

KEYWORDS: Zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum*, management plan, annual catch.

INTRODUCCIÓN

El zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981), es un pez que pertenece al grupo de los grandes bagres o Pimelodidos que, los pescadores de peces ornamentales y, eventualmente, los pescadores de peces de consumo, capturan en la corriente del río Amazonas con aparejos a la deriva, guiados por una o dos embarcaciones.

Recientemente fueron realizadas observaciones sobre biología, las épocas de pesca, aparejos de pesca, acopio, transporte, manejo en las instalaciones comerciales (Chávez *et al.*, 2008; Alcántara *et al.*, 2010); así como, sobre la relación entre la longitud y el peso y el factor de condición (Alcántara *et al.*, 2008a); parasitismo por *Argulus pestifer* (Alcántara *et al.*, 2008b); alimentación y cría en diferentes condiciones de alimentación, sistemas de flujo continuo y cerrado y cultivo en diferente calidad de agua (Murrieta, 2009); así como, sobre genética de la especie (Mori, 2010).

Al estado adulto no es registrada su presencia en los desembarques de la flota comercial y al estado de alevino, su captura anual, está regulada por planes de manejo propuestos por la Asociación de Pescadores de Peces Ornamentales de Loreto Iquitos – APPOLI, aprobados por la Dirección Regional de Loreto del Ministerio de la Producción (APPOLI, 2009).

En este contexto, se propone este plan alternativo de manejo del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* en Iquitos, Loreto, para el establecimiento de nuevas estrategias de administración del recurso y de cuotas de captura anual.

PROPUESTA DEL PROGRAMA DE MANEJO DEL ZÚNGARO TIGRINUS EN LA AMAZONÍA PERUANA

La Resolución Ministerial N° 147-2001-PE que aprueba el Reglamento de Ordenamiento Pesquero de la Amazonía Peruana establece la estructura para la formulación y ejecución de un Programa de Manejo Pesquero (MAPE). En este sentido, esta propuesta se ciñe a la norma indicada.

1. LA ESPECIE Y CARACTERIZACIÓN DEL ESPACIO ECOLÓGICO

Estos aspectos son reportados por Chávez *et al.* (2009), Alcántara *et al.* (2008a), Alcántara *et al.* (2008b) y Alcántara *et al.* (2010).

2. JUSTIFICACIÓN DEL MAPE

El zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) es un pez de porte grande que alcanza hasta 85 cm y 5200 g que, vive en el curso de la corriente de los grandes ríos, como el Amazonas y el Marañón, en los que se reproduce estacionalmente, entre octubre y abril que, corresponde al final de la vaciante y comienzos de la creciente del ambiente acuático.

El zúngaro tigrinus tiene un hábitat de difícil acceso a los aparejos de pesca tradicionales de uso corriente en la captura de peces en la Amazonía peruana; por esta razón su captura es escasa y no es frecuente su observación en los desembarques de la flota comercial de peces de consumo que opera en el mismo tipo de ambiente para capturar las especies del grupo de los grandes bagres, como el dorado *Brachyplatystoma rousseauxii*, el saltón *Brachyplatystoma filamentosum*, el peje torre *Phractocephalus hemiliopterus*, la doncella *Pseudoplatystoma punctifer*, el tigre zúngaro *Pseudoplatystoma tigrinum* entre otras.

Sin embargo, pescadores de peces ornamentales, desde hace un poco menos de una década aprendieron a capturar al zúngaro tigrinus al estado de alevino, con tallas de 2 a 5 cm, en la corriente de pequeños brazos del río Amazonas, en áreas en las que, en vaciante, se cultiva arroz (Figuras 1 y 2). La disponibilidad y la captura son bajas y en una faena de pesca pueden ser capturados de uno a cinco o seis ejemplares y excepcionalmente, un número mayor.

Los pescadores y luego los acopiadores, entonces, inician un proceso de cría de estos zúngaros hasta que alcanzan tallas de 15 a 18 cm para su venta a los exportadores de peces ornamentales, a precios que pueden llegar a cincuenta nuevos soles (U. S. \$ 15.00) en el mercado local. Por tanto, el zúngaro tigrinus constituye una especie importante en la pesquería de peces ornamentales, en Iquitos, por su valor económico que puede llegar a los \$ 60,000 anuales (Moreau & Cooms, 2007) y, porque constituye una fuente de empleo para numerosas personas que participan en la pesca, transporte, cría y manejo de la especie.

En concordancia con lo expuesto, la Dirección Regional de Loreto del Ministerio de la Producción PRODUCE, desde el 2003 viene estableciendo cuotas de pesca (Tabla 1), basadas en la propuesta de Planes de Manejo Pesquero, para asegurar el uso sostenido de la especie, en Iquitos. Este plan de manejo, constituye una propuesta alternativa a los planes propuestos por la Asociación de Pescadores de Loreto, Iquitos APPOLI.



Figura 1. Pescadores de alevinos del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* preparándose para una faena de pesca en el río Amazonas.



Figura 2. Captura de alevinos de zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* en el río Amazonas.

Tabla 1. Desembarque de bagres en la Región Loreto, Amazonía peruana (cantidades expresadas toneladas métricas).

Nº	ESPECIE						%
		2003	2004	2005	2006	2007	2007
	Achacubo	8.1	10.3	14,10	19.2	29.35	0.97
	Alianza	4.18	4.78	11.05	13.72	15.21	0.50
	Achara	3.75	5.22	10.15	14.76	19.49	0.65
	Bagre	112.56	56.96	74.09	69.45	95.53	3.17
	Cachorro	0	0	0	1.78	4.1	0.14
	Cunchimama	108.61	55.69	50.52	78.35	97.03	3.22
	Doncella	2252.46	205.44	162	278.72	304.35	10.09
	Dorado	78.76	54.74	53.86	58.63	66.5	2.21
	Manitoa	65.75	38.99	102.17	113.23	119.26	3.96
	Torre	61.35	36.31	47.61	52.33	57.89	1.92
	Saltón	49.12	45.38	40.86	39.53	47.73	1.58
	Tigre	98.29	44.04	46.19	51.34	64.38	2.14
	Zorro	0	0	0	0	0	0.00
	Tabla barba	2.01	3.28	8.26	7.65	9.89	0.33
	Toa	41.25	2.1	5.17	4.76	3.04	0.10
	Mota	0	53.03	52.72	61.3	74.5	2.47
	Total	4889.19	2620.26	2669.65	2870.75	3015.25	33.45

Nota: El desembarque registrado en el 2007 se convirtió a cifras relativas para verificar el porcentaje de pesca del zúngaro tigrinus y del zúngaro alianza en relación a los otros bagres.

Tabla 2. Cuotas de captura de zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* y zúngaro alianza *Brachyplatystoma juruensis*, por período de pesca en el río Amazonas. APPOLI. 2009.

ESPECIE	2003-2007		2007-2008		2008-2009		2009-2010	
	CUOTA	DEVOL.	CUOTA	DEVOL.	CUOTA	DEVOL.	CUOTA	DEVOL.
Zúngaro Tigrinus	10,575		3,500	350	3,500		6,000	660
Zúngaro alianza	20,384		7,000	700	3,700		6,000	660
TOTAL	30,959		10,500	1,050	7,200		12,000	1,320

Nota.- En algunos casos se indica la cifra de devolución a sus zonas naturales, como una acción de repoblamiento, luego de un período de cría a cargo de los pescadores y acopiadores de APPOLI

RESULTADOS ESPERADOS

- Mejor conocimiento de la especie, en lo referente a su distribución en la región amazónica del país, así como sobre sus hábitos alimenticios, su fecundidad, sus áreas de desove, épocas de reproducción, entre otros.
- Mejor conocimiento sobre las áreas de pesca.
- Establecimiento de cuotas de captura teniendo como base un mejor conocimiento de la explotación del recurso.
- Establecimiento de protocolos de manejo de alevinos en condiciones controladas.
- Uso sostenido del recurso.

DERECHOS Y OBLIGACIONES

DERECHOS

- a. La Asociación de Pescadores de Peces Ornamentales de Loreto, Iquitos APPOLI es la beneficiaria de las cuotas de pesca que determine la Dirección Regional de Loreto del Ministerio de la Producción.
- b. Las cuotas de captura serán establecidas periódicamente, a criterio de la Dirección Regional de Loreto del Ministerio de la Producción, en función de los avances en las investigaciones que realice el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP.
- c. La Dirección Regional de Loreto del Ministerio de la Producción, como una alternativa de promover la asociatividad de los pescadores y acopiadores del zúngaro tigrinus, solo concederá permiso de pesca a APPOLI, absteniéndose de otorgar permiso de pesca, en forma individual para la captura del zúngaro tigrinus, sea que se trate al estado de alevino, o al estado de adulto.
- d. APPOLI determinará, en asamblea de socios, las cuotas individuales por equipo y, por temporada de pesca.

OBLIGACIONES

- a. APPOLI se obliga a llevar un Registro de socios que, tendrá el carácter de Declaración Jurada y servirá como requisito para la renovación del permiso de pesca para cada temporada.
- b. APPOLI se obliga a llevar un Registro de las áreas de pesca, temporadas de pesca, aparejos de pesca, accesorios y procedimientos utilizados en el manejo del zúngaro tigrinus.
- c. APPOLI se obliga a llevar un registro de captura indicando la fecha, el lugar de captura, el número de tigrinus capturados por faena de pesca,

anotando, además, el tipo de embarcación o embarcaciones utilizadas, uso de redes, motores, caballaje, pescadores por embarcación.

- d. APPOLI se obliga a tener actualizados sus libros de registro de información y disponibles para la supervisión que será ejercida por la Dirección Regional de PRODUCE.

CONOCIMIENTO PREVIO DEL RECURSO Y PLAN DE MANEJO PROPUESTO POR APPOLI (Resumen)

La Asociación de Pescadores de Peces Ornamentales de Loreto, Iquitos, APPOLI, captura el zúngaro tigrinus y el zúngaro alianza (*Pimelodidae*) en el río Amazonas, principalmente, en el tramo comprendido entre Panguana, Primera y Segunda Zona y el caserío Santa Rosa, frente a la base del SIMAI. Sin embargo, los pescadores de peces de consumo especializados en la captura de grandes bagres capturan también estas especies en la corriente del río, en especial en la zona de costa brava, en el sector de Tamishiyacu.

En el PROMAPE que propone la APPOLI se observa un cuadro referente al desembarque de bagres “en la región Loreto” correspondiente al periodo 2003 – 2007 (Tabla 1), en el que se aprecia la incidencia en la captura del zúngaro alianza. Por la información que contiene esta tabla, se presenta como antecedente.

El PROMAPE del zúngaro tigrinus y del zúngaro alianza, en la Amazonía peruana está en aplicación desde el año 2003, en que la DIREPRO asigna cuotas de captura a APPOLI (Tabla 2).

En los registros de desembarque de bagres en la Región Loreto de la DIREPRO (Tabla 1), se observa que la doncella ocupa el primer lugar, seguida de manitoa, cunchimama, bagre y otras y que, el zúngaro alianza ocupa apenas un 0.5 % del desembarque total equivalente a 3,015.25 toneladas. En este sentido, cabe indicar que, el zúngaro tigrinus no aparece en el desembarque de bagres en la región Loreto, salvo que haya sido reportado como zúngaro alianza. No obstante, cabe indicar que, durante la ejecución del sub proyecto “Reproducción inducida, manejo de alevinos y uso sostenido del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) en la Amazonía peruana” se efectuaron muestreos de los desembarques de peces de consumo en los diferentes puertos de Iquitos, sin resultados de detección de especímenes.

Por otra parte, cabe indicar que, aun cuando se nota un incremento en el desembarque de zúngaro alianza de 4 a 15 t, en el periodo en consideración, puede afirmarse que, la captura de esta(s) especie(s) es poco frecuente. Asimismo, se debe anotar que, globalmente, se observa que el desembarque total de grandes bagres,

durante los últimos cinco años es más o menos equivalente, con excepción del año 2003 en que se obtuvo una captura mayor al promedio.

La captura del zúngaro tigrinus efectuada en el río Marañón, cerca del Pongo de Manseriche (Sánchez, 2008) indica que la especie tiene amplia distribución pero su captura es poco frecuente. Aquí se debe tener en cuenta que, las referencias de los pescadores de APPOLI indican que el zúngaro tigrinus vive, a través de su desarrollo, en las palizadas de la corriente del río, donde no son accesibles a los aparejos de pesca tradicionales.

El PROMAPE que propone APPOLI está focalizado a un corto tramo del río Amazonas, comprendido entre Tamishiyacu y Santa Rosa y no considera información sobre la disponibilidad del zúngaro tigrinus y del zúngaro alianza, en otras áreas de pesca.

En la tabla 2, referente al establecimiento de cuotas de captura del zúngaro tigrinus desde 2003 a la fecha, se observa que, además del establecimiento de las cuotas de captura, se indica el establecimiento de una cuota de devolución o repoblamiento del ambiente natural que, se realiza luego de un período de cría de los alevinos del zúngaro tigrinus que realizan los pescadores o acopiadores, como mecanismo de compensación de la extracción y, con la finalidad de asegurar el uso sostenido del recurso. Esta práctica, sin embargo, supone la readaptación al medio natural de una especie capturada con tallas de 2 a 5 cm, criada con oferta sistemática de alimento, sin competidores ni predadores, hasta que alcanza longitudes de 18 a 20 cm para su liberación al medio natural o repoblamiento. Se desconoce la validez de este procedimiento y la consecuente readaptación de la especie, al medio natural, luego de ser adaptada al cautiverio. Por tanto, sería preferible descontar la cifra de devolución de la cuota de captura a asignarse por periodo.

INVESTIGACIÓN Y SEGUIMIENTO

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP, en cumplimiento de sus funciones de investigación y evaluación de los recursos naturales renovables de la región amazónica se encargará de la ejecución de las investigaciones necesarias, del recurso, en orden a determinar su estado situacional y promover su uso sostenido para el bienestar de la población.

En concordancia con lo expuesto, el IIAP, en coordinación con la DIREPRO Loreto podrán ejercer la supervisión de las acciones de captura, acopio y manejo del zúngaro tigrinus en la Región Loreto, fiscalizando, además, los registros que llevará APPOLI.

TÉCNICAS DE MANEJO

La propuesta de este Plan de Manejo del zúngaro tigrinus, alternativo al PROMAPE que viene proponiendo APPOLI a PRODUCE, con la finalidad de establecimiento de las cuotas de captura para la temporada, se basa en entrevistas a pescadores, acopiadores, comercializadores, pescas experimentales y revisión de la información que proporciona APPOLI en su propuesta de plan de manejo para el período 2009–2010.

Las técnicas de manejo del zúngaro tigrinus *B. tigrinum* (Bristki, 1981) en la Amazonía peruana, en nuestra opinión, deben centrar el esfuerzo en los tópicos que se indica a continuación.

A. MEJORAMIENTO DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

En nuestra opinión, el plan de manejo del tigrinus debe tener como base el mejoramiento del conocimiento de la biología de la especie, en especial, en lo referente a sus épocas de reproducción, lugares de desove y desarrollo larval y de alevinaje. Si bien los alevinos son capturados en el curso de la corriente del río Amazonas, se debe agotar esfuerzos por conocer con precisión las épocas de maduración gonadal, así como, los lugares de puesta y desarrollo larval. En este sentido, se propone que la Dirección Regional de Loreto, del Ministerio de la Producción PRODUCE, establezca los mecanismos necesarios para acopiar información biológica (talla, peso, sexo, grado de madurez según la escala de maduración sexual proporcionada por el IIAP que, incluya el registro fotográfico de cada gónada), lugares de captura del tigrinus, duración de la temporada de pesca y las características del ambiente. Esta información puede ser acopiada por los integrantes de APPOLI durante sus faenas de pesca.

Los datos biológicos colectados de la especie en consideración, serán analizados por el IIAP.

B. EFECTUAR ESTUDIOS DE REPRODUCCIÓN DEL TIGRINUS EN AMBIENTE CONTROLADO

Se debe propiciar la continuación de los estudios de reproducción para lograr una tecnología de producción de crías, segura y, en concordancia con la demanda del mercado. De esta forma, el abastecimiento de alevinos procedentes de la reproducción inducida en condiciones controladas puede contribuir a disminuir la presión de pesca de la especie, mejorando las posibilidades de su uso sostenido.

C. ESTABLECIMIENTO DE CUOTAS ANUALES DE CAPTURA

Considerando que la pesca del tigrinus en la amazonía peruana y sobre todo, en Iquitos, juega un rol socio económico importante que, proporciona empleo e ingresos a un sector importante de la población, se propone el establecimiento de una cuota anual de captura de 5,000 alevinos. En esta cuota, no se considera el porcentaje de devolución previsto en los planes de manejo, previos propuestos por APPOLI. Es decir, se propone una cuota fija, en la cual, la captura total sería criada y vendida por los integrantes de APPOLI. Dicho de otro modo, la cuota de reposición simplemente se dejaría de pescar, con fines de propiciar el uso sostenido del recurso.

D. EFECTUAR EL MONITOREO DE LA CAPTURA Y COMERCIALIZACION DEL TIGRINUS EN IQUITOS

Precautoriamente, la Dirección Regional de Iquitos del Ministerio de la Producción debe supervisar el cumplimiento de las cuotas de captura establecidas, monitoreando las acciones de APPOLI y la comercialización de los acuarios comerciales de Iquitos.

E. ELABORACION DE UNA BASE DE DATOS DE CAPTURA Y COMERCIALIZACION

Complementariamente a las acciones de supervisión del cumplimiento de las cuotas de captura, la Dirección Regional de Iquitos del Ministerio de la Producción debe llevar una base de datos de la captura y comercialización del tigrinus la que, luego del análisis, correspondiente, permitirá determinar las tendencias del estado del recurso, en orden a asegurar su uso sostenido.

F. ELABORACION DE UNA BASE DE DATOS SOBRE ASPECTOS SOCIO ECONOMICOS DE LA PESCA Y COMERCIALIZACION DEL TIGRINUS

Igualmente, la Dirección Regional de Iquitos del Ministerio de la Producción debe llevar una base de datos de los aspectos socio económicos relacionados con la captura y comercialización del tigrinus, en orden a determinar su impacto socio económico.

G. CRIA DE TIGRINUS EN CONDICIONES CONTROLADAS

El IIAP debe continuar la cría del zúngaro tigrinus con la finalidad de lograr la generación de tecnología de producción de crías de esta especie, en ambiente controlado. Por eso y a fin de lograr el desarrollo

gonadal de los progenitores en condiciones de cultivo, se deberán adaptar sus condiciones de mantenimiento a las condiciones de vida de la especie en ambientes naturales, usando un circuito cerrado con flujo de agua, temperatura y fotoperíodo controlados, para lo cual, se deben orientar esfuerzos para conseguir el financiamiento correspondiente.

H. UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS

La utilización actual del zúngaro tigrinus se realiza, principalmente, como pez ornamental, al estado de alevino, con tallas de 15 a 20 cm en que son exportados por los comercializadores mayoristas de peces ornamentales de Iquitos. Es decir, la utilización del recurso ocurre luego de un período de cría ya que, los pescadores lo capturan, preferentemente, con tallas de 2 a 5 cm y luego lo crían, en condiciones controladas, en acuarios, con alimentos naturales diversos (peces forraje) hasta que los peces alcanzan las tallas de comercialización nacional y externa.

Debido a su escasa incidencia en la pesquería de peces de consumo, esta especie no es utilizada en el consumo humano directo.

I. VIGILANCIA Y CONTROL

La DIREPRO Loreto supervisa, periódicamente, el cumplimiento de las regulaciones, no obstante, se recomienda llevar un buen registro de la salida de los peces hacia los mercados nacional y externo. Esta información debe ser contrastada con los registros de desembarque de APPOLI para tener un control de la extracción.

J. EVALUACIÓN DEL MAPE

La DIREPRO Loreto debe organizar, anualmente, un taller de evaluación del MAPE del tigrinus en el que se debe considerar los aspectos siguientes:

- Áreas de pesca
- Aparejos de pesca
- Embarcaciones
- Equipamiento con motores fuera de borda, indicando el tipo y potencia
- Disponibilidad del recurso: Captura/ lance, Captura/faena de pesca
- Tallas de captura
- Transporte: Métodos
- Métodos de manejo en instalaciones de cría: Calidad de agua, alimentos, frecuencia de oferta, horario de oferta, etc
- Prevención y control de patógenos
- Tallas de comercialización

- Precios de comercialización
- Acuarios de destino
- Cantidad vendida
- Mortalidad en acuario
- Pescadores que operaron en la temporada de pesca
- Niveles de ingresos
- Cumplimiento de las cuotas de captura establecidas en el MAPE
- Análisis del MAPE: Que se cumplió? Que es lo funcional?
- Propuestas de adecuación del MAPE

K. AJUSTES DE PRODUCCIÓN

Luego del taller de evaluación del MAPE en vigencia y de las tendencias del recurso, la DIREPRO Loreto, en coordinación con el IIAP, harán los ajustes de producción para la temporada de pesca siguiente.

L. OTRAS MEDIDAS DE CONSERVACIÓN DEL RECURSO

En función de la demanda, principalmente del mercado externo y asumiendo que la especie se encuentra presente en el río Ucayali, IIAP-PRODUCE harán la transferencia de conocimiento y tecnología a la DIREPRO Ucayali.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al Sr. Sixto Nautino, integrante de APPOLI y su equipo de pescadores, por habernos proporcionado información sobre captura y manejo de alevinos del zúngaro tigrinus y, por habernos permitido participar en sus faenas de pesca de alevinos en el río Amazonas. Igualmente queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento al Sr. Rigoberto Tangoa, pescador de grandes bagres de la localidad de Tamishiyacu por habernos permitido participar en sus faenas de pesca en el río Amazonas.

Asimismo, expresamos nuestro reconocimiento a INCAGRO por el financiamiento del sub proyecto de investigación “Reproducción inducida, manejo de alevinos y uso sostenido del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) en la Amazonía peruana”, durante el periodo 2008 -2010.

BIBLIOGRAFÍAS CITADAS

Alcántara, F., Chu-Koo, F., Rodríguez, L., Chávez, C., Tello, S. & Nuñez, J. 2008. Relación longitud peso y el factor de condición del tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* del río Amazonas. Loreto. Perú. Folia Amazónica No 17 (1-2):23-28

Alcántara, F., Chu-Koo, F., Rodríguez, L., Chávez, C., Bernuy, A., Barbarán, T., Tello, S. & Nuñez, J. 2008. Primer reporte de parasitismo de *Brachyplatystoma tigrinum* por *Argulus pestifer* en acuicultura. Folia Amazónica Vol. 17 (1-2) :99-102

Alcántara, F., Chu-Koo, F., Rodríguez, L., Chávez, C., Bernuy, A., Barbarán, A., Tello, S. Murrieta, G., Nuñez, J. 2010. Notas sobre biología y pesca del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* en el río Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Institut de Recherche pour le Developpement –IRD. 18 p. Por publicar.

Asociación de pescadores de peces ornamentales de Loreto, Iquitos, APPOLI. 2009. Programa de Manejo Pesquero de Alevinos de tigrinus *Merodontotus tigrinus* y zúngaro alianza *Brachyplatystoma juruense*. Base legal D. S. No 015-2009 -PRODUCE. Iquitos. Perú. 30 p.

Chávez, C, Bernuy, A., Barbarán, T., Murrieta, G., Sánchez, H., Chu-Koo, F., Alcántara, F., Nuñez, J. 2008. Reporte de los conocimientos tradicionales sobre el zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* en la Amazonía peruana. IIAP –IRD. 6 p. Por publicar.

Malta, J.C.O., 1983. Os argulídeos (Crustacea: Branchiura) da Amazônia Brasileira. 4. Aspectos da ecologia de *Argulus multicolor* Stekhoven, 1937 e *A. pestifer* Ringuet, 1948. *Acta Amazonica*, 13(2):489-496.

Malta, J.C.O., & Varela, A.M.B. 2000. *Argulus chicomendesi* sp. n. (Crustacea: Argulidae) Parasita de peixes da Amazonia Brasileira. *Acta amazonica* 30 (1): 481 –498.

Moreau, Marie- Annick & Cooms, O. 2007. Aquarium fish exploitation in western Amazonía: Conservation issues in Peru. Foundation for Environmental Conservation. *Environmental Conservation* 34 (1): 12–22.

Mori, M. Jorge. 2010. Estudio comparativo de la variabilidad genética y filogenética del zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) y especies relacionadas de la familia Pimelodidae en la Amazonía Peruana. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Biológicas. 55 p.

Murrieta, G. 2009. Manejo de alevinos de zúngaro tigrinus *Brachyplatystoma tigrinum* (Britski, 1981) (Pisces, Pimelodidae) en condiciones controladas. Tesis para optar el título profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 42 p Por publicar.

Sánchez, H. 2008. Reporte sobre la ictiofauna del alto Maraón. IIAP. Informe interno. 12 p.

ALIMENTAÇÃO DE JUVENIS DA SARDINHA PAPUDA *Triportheus flavus* (OSTEICHTHYES, CHARACIDAE) NO PERÍODO DE CHEIA, NO LAGO CAMALEÃO (AMAZONAS, BRASIL)

Miriam Adriana ALVÁN-AGUILAR^{1,2}, Yamile BENAION ALENCAR², Elsa RODRIGUES HARDY⁴, Fred CHU-KOO^{1,3}

- 1 Universidad Científica del Perú – UCP. Facultad de Ciencias del Medio Ambiente y Biotecnología. Escuela Profesional de Ecología. Avenida Abelardo Quiñónez Km. 3.5. Iquitos, Perú. E-mail: miriam.alvan@gmail.com
- 2 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Coordenação de Pesquisas em Entomologia. Caixa Postal 478, Manaus, AM. Brasil.
- 3 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC. Carretera Iquitos – Nauta, Km. 4.5. Iquitos, Perú. E-mail: fchuk20@gmail.com
- 4 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática. Laboratório de Plancton. Caixa Postal 478, Manaus, AM. Brasil.

RESUMO

A sardinha papuda, *Triportheus flavus*, é um peixe de porte mediano que alcança os 25 cm quando adulto. Na Amazônia Central, esta espécie é migradora, de reprodução total e constitui um importante recurso para as pescarias da região. No presente trabalho, estudou-se a composição da dieta de 50 exemplares juvenis da sardinha papuda *Triportheus flavus* (55.4 9.9 mm CP) no Lago Camaleão (estado de Amazonas, Brasil). Os peixes foram coletados das zonas com abundância de macrófitas aquáticas, durante o período de cheia de 1999. A dieta foi composta de vinte e oito itens alimentares, sendo os insetos os mais importantes com nove ordens identificadas. Registrou-se também, a presença de ácaros, cladóceros, copépodos, aranhas, camarões, escamas de peixes e sementes. Conclui-se que no Lago Camaleão, *T. flavus* quando juvenil é um peixe onívoro e possui um amplo espectro alimentar, sendo que sua dieta é composta principalmente de invertebrados como Formicidae e Homoptera.

PALAVRAS CHAVE: *Triportheus flavus*, dieta, itens alimentícios, insetos, Lago Camaleão.

FEEDING OF JUVENILE SARDINA *Triportheus flavus* (OSTEICHTHYES, CHARACIDAE) IN THE HIGH-WATER SEASON, IN THE CAMALEÃO LAKE, (AMAZONAS, BRAZIL)

ABSTRACT

The sardina, *Triportheus flavus*, is a medium-size fish that can reach up to 25 cm of total length when adult. In the Central Amazon, it is a migratory fish, total spawner and represents an important natural resource for regional fisheries. In the current work, the feeding habits of 50 juvenile individuals of sardina *Triportheus flavus* (55.4 9.9 mm SL) were studied in Camaleão Lake (Amazonas State, Brazil). Fish were collected from areas covered by macrophytes during the high- water season of 1999. Twenty-eight food items were recorded composing the fish diet, being insects the main dietary items. There were also recorded Acari, micro-crustaceans (Cladocera and Copepoda), Aracnida and Crustacea shrimps, fish scales and seeds. It was concluded that in Camaleão Lake, *T. flavus* when juvenile, is an omnivorous fish with a wide feeding spectrum, and its diet is mainly composed of invertebrates such as Formicidae and Homoptera.

KEYWORDS: *Triportheus flavus*, diet, food items, insects, Camaleão Lake.

INTRODUÇÃO

Triportheus flavus (Cope, 1872), também conhecido pela sinonímia *T. angulatus* (Spix & Agassiz, 1829), é um peixe caracídeo que pertence a um gênero amplamente distribuído na América do Sul, sendo registrados até 15 espécies. Os peixes desse gênero são encontrados desde a Guiana Francesa até a bacia do rio da Prata na Argentina, ocupando uma ampla diversidade de habitats (Planquette *et al.*, 1996). Na bacia amazônica o gênero *Triportheus* está representado por seis espécies: *Triportheus flavus*, *T. pictus*, *T. albus*, *T. elongatus*, *T. culter* e *T. curtus*. Ferreira *et al.* (1998) descreve *T. flavus* como uma espécie de médio porte, que alcança 25 cm quando adulto e que caracteriza-se pelo corpo alto e comprimido lateralmente, apresentando uma coloração cinza-escura. Na Amazônia Central, esta espécie é migradora, de reprodução total e sem proteção da prole e que constitui um importante recurso aproveitável pelas pescarias da região (Batista & Petreire-Junior, 2003). Assim, Ferreira *et al.* (1998) registra que *T. flavus*, *T. elongatus* e *T. albus* são espécies de importância comercial do médio Amazonas.

Alguns estudos têm mostrado que espécimes do gênero *Triportheus* apresentam mecanismos para tolerar baixas concentrações de oxigênio e até mesmo condições de anoxia, fenômeno que geralmente acontece às noites nos lagos de várzea amazônicos (Junk *et al.*, 1983; Soares, 1993). Esta adaptação fisiológica importante provavelmente ajudou para a grande dispersão desse gênero nos mais diversos ecossistemas de nosso continente. Quando jovens, são encontradas associados a bancos de macrófitas aquáticas nos diversos lagos da região, se alimentando de pequenos invertebrados (Sánchez-Botero *et al.*, 2007) e procurando proteção dos peixes predadores como por exemplo *Pellona flavipinnis* (Moreira-Hara *et al.*, 2009), mas quando adultas podem colonizar as extensas áreas de floresta alagada para aproveitar principalmente a grande diversidade de frutos e sementes que esses ambientes oferecem para a fauna visitante no período de enchente dos rios amazônicos (Goulding, 1980; Almeida, 1984; Braga, 1990; Petry *et al.*, 2003; Marin & Aron, 2006).

As macrófitas flutuantes constituem um hábitat vital para muitos peixes das várzeas. Crescem geralmente nas margens de lagos e canais (paranás) e são compostas geralmente pelas gramíneas *Paspalum repens* e *Echinochloa polystachya* e por plantas flutuantes menores como *Eichornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia* spp. (Queiroz & Crampton, 1999; Sánchez-Botero *et al.*, 2001, 2003). A ictiofauna residente nos capinzais é composta por várias espécies de importância ornamental. Incluso, uma espécie

desse gênero *Triportheus elongatus* forma parte da lista brasileira de peixes ornamentais registrados junto ao IBAMA (Chao, 1998).

Porém, apesar da diversidade, abundância, e importância que estes peixes têm na cadeia trófica dos ambientes lacustres tropicais, sejam como transportadores de energia para os piscívoros, ou bem como espécies que poderiam ser exploradas na piscicultura ornamental, pouco se sabe acerca de sua biologia. O presente trabalho é uma contribuição ao conhecimento da biologia alimentar de *Triportheus flavus* no Lago Camaleão, um típico lago de várzea da Amazônia Central.

MATERIAL E MÉTODO

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Lago Camaleão, um lago de várzea localizado a 3° 15'12" S e 59° 57'37" W na Ilha de Marchantaria, que é uma típica ilha de várzea localizada no rio Solimões-Amazonas, numa área pertencente ao município de Iranduba, a cerca de 15 km do encontro das águas (Figura 1).

Segundo Irion *et al.* (1983), esta Ilha foi formada pela contínua deposição de sedimentos do próprio rio Amazonas, sendo periodicamente inundada, de maio a junho; quando o nível da água aumenta em média de 10 metros em relação à época de águas baixas que é de novembro a janeiro; período em que a ilha fica quase isolada, e seus vários lagos ficam com profundidades mínimas (0.5 m – 1.0 m). O Lago Camaleão é longo e estreito, com aproximadamente 6.5 km de comprimento e 300 a 500 m de largura.

COLETAS DE CAMPO

Os peixes foram coletados durante o mês de Abril de 1999 (período de cheia) das zonas com abundantes macrófitas aquáticas utilizando-se redinhas de cerco de 10 m de comprimento, 2 m de altura e 15 mm de abertura de malha. Após a captura, os peixes foram colocados em sacos plásticos, fixados com solução de formalina ao 10% e transportados até o Laboratório de Plâncton do INPA em Manaus, aonde foram triados e identificados segundo a chave publicada por Ferreira *et al.* (1998).

ANÁLISE DA DIETA

O trabalho foi baseado nas análises do conteúdo estomacal de um total de 50 exemplares juvenis de *Triportheus flavus* (55.4 – 9.9 mm CP). Os conteúdos estomacais foram retirados utilizando material cirúrgico e conservados em solução de formalina ao 8% em frascos de vidro individualizados e

etiquetados. Para o estudo da dieta utilizou-se os métodos da frequência de ocorrência (FO_i) e do Volume (V_i) os quais foram relacionados a fim de determinar-se, a importância relativa de cada item na dieta dos peixes, mediante o Índice Alimentar de Kawakami-Vazzoler (1980), baseado na seguinte fórmula:

$$Iai = \frac{FO_i \cdot V_i}{\sum FO_i \cdot V_i}$$

Para serem usados nesta fórmula, a frequência de ocorrência FO_i foi a relação entre o número de estômagos com determinado item "i" e o número total de estômagos, e o volume V_i foi a estimativa visual do volume de cada item em relação ao volume total presente em cada amostra segundo o método de Bemvenute (1990) que consiste em colocar o conteúdo em uma placa Petri, não ultrapassando 1 mm de espessura, seguida da determinação da área total ocupada por cada item, através de um papel milimetrado colocado sob a placa Petri.

A determinação dos tipos de alimentos encontrados foi feita após uma verificação inicial da sua natureza, tendo em consideração as seguintes categorias:

- *Cladocera*: micro-crustáceos que pelos seus movimentos são denominados pulgas d'água.
- *Copepoda*: micro-crustáceos de corpo alongado dividido em cabeça, tórax e abdome.
- *Insecta*: tanto larvas como adultos de diversas ordens da Classe Insecta.
- *Camarões*: pequenos crustáceos do ordem Decapoda.
- *Acaros*: organismos pertencentes ao grupo Acarina
- *Aranhas*: invertebrados pertencentes ao grupo Araneae.
- *Escamas de peixes*: geralmente de espécies indeterminadas.
- *Restos vegetais*: sementes de frutas não identificadas e/ou restos vegetais.
- *Material semi-digerido*: material difícil de ser identificado por estar em avançado processo de digestão.

A identificação dos organismos zooplanctônicos foi feita até o nível taxonômico mais específico possível, usando-se chaves especializadas (Brandorff *et al.*, 1982; Korinek *et al.*, 1997; Korovchinsky, 1992; Smirnov, 1992; Elmoor-Loureiro, 1997; entre outros). A identificação dos insetos foi feita por especialistas no Laboratório de Entomologia do INPA.

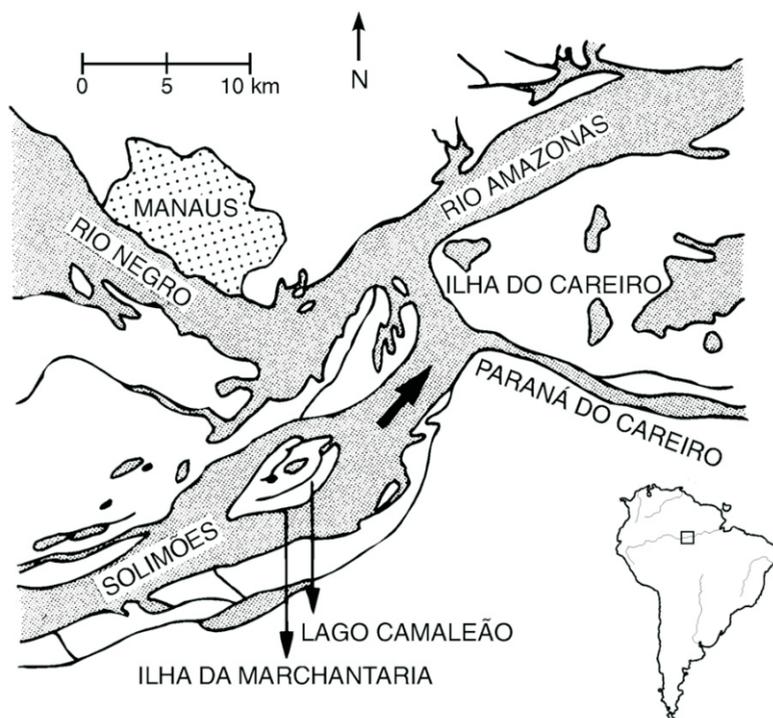


Figura 1. Localização do Lago Camaleão na ilha da Marchantaria em el Estado de Amazonas, Brasil (Furch *et al.*, 1983)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, pode-se observar os itens alimentares registrados na dieta desta espécie. Observa-se, que os insetos e os cladóceros são os itens mais diversos na dieta nesse período do ano. Sem dúvida, impressiona a diversidade de insetos que esta espécie é capaz de incluir na sua dieta, desde insetos terrestres até aqueles com algum estágio aquático como as larvas de Diptera. Entretanto, doze espécies de cladóceros também formaram parte da dieta, mostrando que também podem aproveitar recursos que sejam abundantes no ambiente em determinado momento, concordando com a teoria de forrageamento ótimo (Townsend & Winfield, 1985).

Os juvenis de *T. flavus* parecem ser peixes oportunistas e muito ativos, pois têm a capacidade de capturar diversos tipos de presas, entre micro-crustáceos, larvas e insetos adultos e até camarões, que são organismos que possuem tamanhos, habitats e movimentos diferenciados. A maioria dos invertebrados como insetos, zooplâncton e camarões; são importantes fontes alimentares para os peixes habitantes dos capinzais. Outro fato que condiciona a predação desses organismos é sua grande diversidade, tanto em espécies, tamanhos, formas e distribuição espaço-temporal nos ambientes lacustres.

Segundo Junk (1970, 1973), os capins flutuantes contêm uma rica fauna de invertebrados autóctones, o qual hipoteticamente sustentaria a ictiofauna concentrada nesses lugares. Porém, Zaret (1984) e Chu-Koo (2000), observaram que os pequenos peixes residentes nos capinzais migram às águas abertas em determinadas horas do dia para explorar o zooplâncton desses ambientes. Desse modo, observou-se na dieta de *T. flavus* organismos próprios da zona litoral como cladóceros não planctônicos (ex. *Chydorus sphaericus* e *Camptocercus dadayi*) mas também itens próprios de águas abertas como *D. spinulosum* e *M. minuta*.

Na Tabela 1 também pode-se observar a importância relativa de cada item na dieta do peixe, representados pelo índice de Kawakami-Vazzoler. Assim, vemos que os itens mais importantes para os juvenis de *T. flavus* no lago Camaleão foram os insetos ($IA_i = 0.698$), representados principalmente pelas formigas, fato que também foi encontrado por Yamamoto *et al.* (2004) na mesma espécie. Apesar de sua dieta abrangente, aparentemente, esta espécie de sardinha poderia ser classificada de insetívora nesse período do ano. Desse modo, os juvenis de *T. flavus* parecem mais especializados na captura de insetos, principalmente formigas, as quais provavelmente capturam das folhas das macrófitas flutuantes ou quando estes invertebrados caem nas águas do lago por efeito do vento. A ocorrência dos Aleyrodidae e

Entomobryidae, deve-se a que estes insetos são provavelmente capturados das raízes das macrófitas aquáticas.

Num aspecto geral, Almeida (1984) em ciclo hidrológico semelhante ao nosso, mas no Lago Castanho (Amazonas, Brasil), já tinha observado este comportamento alimentar em exemplares adultos de *T. angulatus*, verificando que os insetos também foram itens muito freqüentes; mas a composição da dieta em peixes adultos é um pouco diferente, tendo encontrado uma grande proporção de vegetais superiores, alguns Orthoptera e algas. Entretanto num lago de várzea da Amazônia peruana, Marin & Aron (2006) indicaram que a dieta de exemplares de *T. angulatus* entre 14 a 20 cm de comprimento total na época de cheia, esteve composta principalmente por material vegetal procedente das áreas alagáveis, como sementes e flores de palmeras do gênero *Bactris*, ficando demonstrado a enorme plasticidade alimentar desta espécie. Por outro lado, Catella (1992) na Baía da Onça observou que a dieta de *Triportheus* sp. consistia basicamente de insetos terrestres, micro-crustáceos e vegetais superiores mas no período de seca no rio Aquidauana (Brasil).

Quanto à significativa presença de cladóceros na dieta e a ausência de outros organismos como os rotíferos, Fregadolli (1993) comenta que dentre os organismos zooplanctônicos, os cladóceros são mais atraentes visualmente do que outras presas, o qual explicaria sua significativa presença na dieta desse peixe. Aparentemente, os cladóceros não planctônicos que foram registrados na dieta, foram capturados apartir do perifiton aderido às raízes das macrófitas aquáticas do lago. É importante destacar o consumo de cladóceros devido a que um estudo similar publicado por Yamamoto *et al.* (2004) reporta que a dieta dos juvenis de esta espécie (aprox. 4 - 8 cm) foi basicamente composta de insetos, nao reportando nenhum tipo de organismo zooplantônico no trato digestivo de *T. flavus* no Lago Camaleao, o qual difiere completamente com os nossos resultados.

Devido à sua ampla distribuição geográfica no continente americano, as espécies deste gênero podem apresentar diferenças na composição de suas dietas, segundo o habitat onde ocorrem. As sardinhas geralmente são espécies onívoras que aproveitam os itens alimentares mais abundantes na temporada, como já foi observado em *T. albus* (Ferreira *et al.*, 1998); *T. elongatus* (Almeida, 1984), *T. paranensis*, *T. nematurus* (Galina & Hahn, 2003), *T. signatus* (Höfling *et al.*, 2000) e *T. angulatus* (Braga, 1990; Yamamoto *et al.*, 2004; Marín & Aron, 2006); mas pode haver algumas exceções como na espécie *T. culter* que é exclusivamente zooplanctófaga (Almeida, 1984; Chu-Koo, 2000).

Embora as macrófitas aquáticas não foram uma importante fonte de alimento para a sardinha, seus caules e raízes funcionam como substrato para o perifiton (Engle & Melack, 1990; Caffrey, 1993) e abrigam ainda, uma grande quantidade de invertebrados (Junk, 1973; Blanco-Belmont, 1990;

Junk & Robertson, 1997), que constituem importantes itens alimentares para os juvenis de Characiformes migradores (Goulding & Carvalho, 1982), incluindo muitas espécies exploradas pela frota pesqueira da Amazônia (Sánchez-Botero & Araújo-Lima, 2001) como neste caso, *T. flavus*.

Tabela 1. Itens alimentares registrados na dieta de juvenis de *Triporthus flavus* do Lago Camaleão (Amazonas, Brasil) na época de enchente.

ITENS ALIM	FOi (%)	VOi (%)	FOi x VOi	IAi
Cladocera	26.0	12.7	313.42	0.072
<i>Bosmina hagdmani</i>	26.0	0.2	5.2	0.002
<i>Camptocercus dadayi</i>	26.0	0.6	16.6	0.003
<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	10.0	0.1	0.5	----
<i>Chydorus sphaericus</i>	26.0	0.3	7.8	0.002
<i>Daphnia gessneri</i>	18.0	0.5	8,28	0.002
<i>Diaphanosoma brevireme</i>	26.0	0.1	1.3	----
<i>Diaphanosoma polypina</i>	26.0	1.7	43.16	0.010
<i>Diaphanosoma spinulosum</i>	26.0	8.7	225.68	0.050
<i>Macrothrix goeldii</i>	10.0	0.1	1.2	----
<i>Macrothrix triserialis</i>	10.0	0.1	0.8	----
<i>Moina minuta</i>	26.0	0.3	7.8	0.002
<i>Simocephalus sp.</i>	26.0	0.2	4.16	0.001
Insecta	78.0	62.9	3160.2	0.698
Aleyrodidae	78.0	22.3	1740.2	0.385
Culicidae (pupas)	12.0	3.4	41.2	0.010
Chaoboridae (larvas)	18.0	1.1	19.4	0.005
Chironomidae (larvas)	18.0	0.6	10.3	0.002
Dytiscidae	6.0	1.7	10.3	0.002
Entomobryidae	25.0	7.2	178.8	0.039
Formicidae	62.0	16.4	1016.2	0.224
Helodidae	12.0	3.4	41.2	0.009
Hemiptera	18.0	5.1	92.5	0.020
Lepidoptera	6.0	1.7	10.3	0.002
Copepoda	5.0	0.04	0.20	----
Aracnida	6.0	0.37	2.22	----
Acarina	10.0	2.9	28.6	0.006
Camarões	10.0	2.8	28.0	0.006
Peixes (escamas)	50.0	5.83	291.5	0.064
Restos vegetais (sementes)	8.0	5.3	95.2	0.021
Material semi-digerido	85.0	7.1	603.5	0.133

CONCLUSÕES

Os insetos e outros invertebrados associados a macrófitas litorâneas como os cladóceros e camarões por sua grande disponibilidade no ambiente, diversificação de formas, de tamanhos e movimentos são as mais importantes fontes alimentares para os juvenis de *T. flavus* do Lago Camaleão no período de cheia e contribuem significativamente à passagem do fluxo de energia dos produtores e primeiros elos da cadeia alimentar para os peixes, disponibilizando a entrada dessa energia à cadeia trófica dos ecossistemas lacustres de várzea. De fato, se na dieta do peixe estiveram contemplados vários itens próprios das águas abertas, suspeita-se que esta espécie residente do capinzal, provavelmente migra às águas abertas para melhorar sua dieta com o zooplâncton, fato já observado em outros peixes amazônicos.

Conclui-se, segundo a composição de sua dieta que, *T. flavus* é um peixe onívoro com forte tendência à insetivoria no estágio juvenil, e que tem um comportamento alimentar sumamente oportunista.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela ajuda financeira através das Bolsas de Mestrado e Doutorado para tres autores do presente trabalho. Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) pelas facilidades logisticas (uso de equipos e materiais de laboratório, apoio nas amostragens de campo, etc.).

BIBLIOGRAFIA CITADA

- Almeida, R.G. 1984. Biologia alimentar de três espécies de *Triportheus* (Pisces: Characidae) do lago do Castanho, Amazonas. *Acta Amazônica*, 14 (1-2): 48-76.
- Batista, D. V.; Petrere-Junior, M. 2003. Characterization of the comercial fish production landed at Manaus, Amazonas State, Brazil. *Acta Amazonica*, 33(1): 53-66.
- Bemvenute, M. A. 1990. Hábitos alimentares de peixes rei (Atherinidae) na região estuarina da Lagoa dos Patos. *Atlantica*, 12: 79 - 102.
- Blanco-Belmont, L. 1990. Estudio de las comunidades de invertebrados asociados a las macrofitas acuaticas de tres lagunas de inundacion de la seccion baja del Orinoco. *Sociedad de Ciencias Naturales La Salle*, Tomo IL-L: 71-107.
- Braga, F. M. 1990. Aspectos da reprodução e alimentação de peixes comuns em um trecho do rio Tocantis entre Imperatriz e Estreito, Estados de Maranhão e Tocantis, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 50 (3): 547-558.
- Brandorff, G. -O.; Koste, W.; Smirnov, N. N. 1982. The composition and structure of Rotiferan and Crustacean communities of the lower Rio Nhamundá, Amazonas, Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.*, 17: 69-121.
- Caffrey, J. M. 1993. Aquatic plant management in relation to Irish recreational fisheries development. *Journal of Aquatic Plant Management*, 31: 162-168.
- Catella, A. C. 1992. Estrutura da comunidade e alimentação dos peixes da Baía da Onça, uma lagoa do Pantanal do rio Aquidauana, MS. Dissertação de Mestrado em Ciências. Universidade de Campinas. Campinas, SP. Brasil. 125p.
- Chao, N. L. 1998. A draft List of brazilian freshwater fishes for the hobby: a proposal to IBAMA. *OFI Journal*, 23: 6-14
- Chu-Koo, F. W. 2000. Interações peixes/zooplâncton no Lago Camaleão, um lago de várzea da Amazônia Central, Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas, Brasil. 91p.
- Elmoor-Loureiro, L.M. 1997. Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil. Brasília: Universa, Brasília, DF. 156p.
- Engle, D. L.; Melack, J. M. 1990. Floating meadow epiphyton: Biological and chemical features of epiphytic material in an Amazon floodplain lake. *Freshwater Biology*, 23: 479-494.
- Ferreira, E. J. G.; Zuanon, J. A. S.; Dos Santos, G. M. 1998. Peixes comerciais do médio Amazonas: Região de Santarém, Pará. Edições IBAMA, Brasília. 214p.
- Fregadolli, C. H. 1993. Selecao alimentar das larvas de pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 e tambaqui *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 em laboratório. *Boletim Técnico CEPTA*, 6(1): 1-50.
- Furch, K.; Junk, W.J.; Dietrich, J.E.; Kochert, N. 1983. Seasonal variation in the major cation (Na, K, Mg and Ca) content of the water of Lago Camaleão, an Amazonian floodplain lake near Manaus, Brazil. *Amazoniana*, 8 (1): 75-89.
- Goulding, M. 1980. The fishes and the forest – Explorations in Amazonian Natural History. University of California Press, Los Angeles, CA, USA. 280p.
- Goulding, M.; Carvalho, M. 1982. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): An important Amazonian food fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 1: 107-133.

- Irion, G.; Adis, J. Junk, W.J.; Wunderlich, F. 1983. Sedimentological studies of the "Ilha de Marchantaria" in the Solimões/Amazon river near Manaus. *Amazoniana*, 8 (1):1-18.
- Junk, W. J. 1970. Investigations on the ecology and production – biology of the "floating meadows" (Paspalo –Echinochloetum) on the Middle Amazon. Part I. The floating vegetation and its ecology. *Amazoniana*, 2: 449-495.
- Junk, W. J. 1973. Investigations on the ecology and production – biology of the "floating meadows" (Paspalo –Echinochloetum) on the Middle Amazon. Part II. The aquatic fauna in the root zone of the floating vegetation. *Amazoniana*, 4: 9-102.
- Junk, W. J.; Soares, G. M.; Carvalho, F. M. 1983. Distribution of fishes species in a lake of the Amazon river floodplain Manaus (Lago Camaleão), with special reference to extreme oxygen conditions. *Amazoniana*, 7 (4):397-431.
- Junk, W. J.; Robertson, B. 1997. Aquatic invertebrates. In: Junk, W. J. (Ed.). The Central Amazonian floodplain: Ecology of a pulsing system. Ecological Studies, vol. 126. Springer Verlag, Heidelberg, Germany, p.279-298.
- Kawakami, E.; Vazzoler, G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Bol. Instit. Oceanogr. S. Paulo*, 29 (2): 205-207.
- Korinek, V.; Sacherova, V.; Havel, L. 1997. Subgeneric differences in head shield and ephippia ultrastructure within the genus *Bosmina* Baird (Crustacea, Cladocera). *Hydrobiologia*, 360:13-23.
- Korovchinsky, N. M. 1992. Sididae and Holopedidae:(Crustacea, Daphniformes). The Hague: SPB Academic Publishing. 82 p.
- Marin, E. G.; Aron, N. A. 2006. Variación temporal de la dieta de sardina *Triportheus angulatus* (Characiformes, Characidae) en una laguna de inundación de la selva amazónica peruana. *Folia Amazónica*, 15(1-2): 141-150.
- Moreira-Hara, S. S.; Zuanon, J. A. S.; Amadio, S. A. 2009. Feeding of *Pellona flavipinnis* (Clupeiformes, Pristegasteridae) in a Central Amazonia floodplain. *Iheringia Série Zoologia*, 99(2): 153-157.
- Petry, P.; Bayley, P. B.; Markle, D. F. 2003. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, 63 (3): 547-579.
- Planquette, P.; Keith, P.; Le Bail, P.-Y. 1996. Atlas des poissons d'eau douce de Guyane (tome 1). Collection du Patrimoine Naturel, Vol 22. IEGB-M.N.H.N., INRA, CSP, Min. Env., Paris, 429p.
- Queiroz, H. L.; Crampton, W. G. R. 1999. Estratégias para manejo de recursos pesqueiros em Mamirahuá. Helder L. Queiroz, William G. R. Crampton Eds. Brasília: Sociedade Civil Mamirahuá. CNPq. 208 p.
- Sánchez-Botero, J. I.; Araújo-Lima, C. A. R. M. 2001. As macrófitas aquáticas como berçário para a ictiofauna da várzea do rio Amazonas. *Acta Amazonica*, 3 (3): 437-447.
- Sánchez-Botero, J. I.; Farias, M. L.; Piedade, M. T.; Garcez, D. S. 2003. Ictiofauna associada às macrófitas aquáticas *Eichhornia azurea* (SW.) Kunth. e *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. no lago Camaleão, Amazônia Central, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 25 (2): 369-375.
- Sánchez-Botero, J. I.; Leitão, R. P.; Caramaschi, E. P.; Gracez, D. S. 2007. The aquatic macrophytes as refuge, nursery and feeding habitats for freshwater fish from Cabiúnas lagoon, restinga de Jurubatiba National Park, Rio de Janeiro, Brazil. *Acta Limnológica Brasileira*, 19 (2): 143-153.
- Smirnov, N. N. 1992. The Macrothricidae of the world. III (Guides to the identification of the macroinvertebrates of the continental waters of the world). The Hague: SPB Academic Publishing. - 143p.
- Townsend, C. R.; Winfield, I. J. 1985. The application of optimal foraging theory to feeding behavior in fish. (In): Tyler, P. T. & Calow, P. (eds.). Fish Energetics: New Perspectives. pp. 67-98. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press.
- Yamamoto, K. C.; Soares, M. G. M.; Freitas, C. E. C. 2004. Alimentação de *Triportheus angulatus* (Spix and Agassiz, 1829) no lago Camaleão, Manaus, AM, Brasil. *Acta Amazonica*, 34(4):653-659.
- Zaret, T. M. 1984. Interactions fish/ zooplankton in amazon floodplains lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 1305-1308.

CRECIMIENTO Y UTILIZACIÓN DE ALIMENTO EN ALEVINOS DE ARAHUANA *Osteoglossum bicirrhosum* ALIMENTADOS CON TRES FRECUENCIAS ALIMENTICIAS

Olaff RIBEYRO SCHULT^{1,2}, Franco GUERRA GRÁNDEZ², Luciano RODRÍGUEZ CHU^{1,2}, Rosa ISMIÑO ORBE^{1,2}, Jesús NÚÑEZ³, Fred CHU-KOO^{1,2}

- 1 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana - UNAP. Escuela de Post Grado. Cátedra CONCYTEC. Maestría en Acuicultura. Iquitos, Perú. E-mail: olrisch@gmail.com
- 2 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (AQUAREC). Carretera Iquitos – Nauta, Km. 4.5. Iquitos, Perú. E-mail: fchuk20@gmail.com
- 3 Institut de Recherche pour le Développement – IRD. UR 175. BP 5095, 34196 Montpellier cedex 05, France.

RESUMEN

A pesar de su importancia socio-económica, el comercio de arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*) está todavía basado en la extracción y exportación de peces del medio natural, principalmente de lugares sin fiscalización efectiva por parte del Estado peruano. De continuar esta práctica se afectará la sostenibilidad de este recurso pesquero a mediano plazo; por lo que es necesario, desarrollar tecnologías para el manejo de esta especie en piscicultura que permita a los extractores ilegales convertirse en proveedores de crías de arahuana producidas en cautiverio, con el consecuente mejoramiento de sus ingresos y la reducción de la presión de pesca sobre las poblaciones naturales. El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), agencia gubernamental de investigación viene desarrollando planes e investigaciones para la generación de tecnologías de cultivo en cautiverio y el establecimiento de una oferta exportable de crías de arahuana producidas en piscicultura en el Perú. El objetivo del presente estudio fue evaluar los posibles efectos de tres frecuencias de alimentación (FA2, FA4 y FA6) sobre el crecimiento de alevinos de arahuana alimentados con una dieta extruída comercial (55% PB) durante 50 días. A pesar de que el crecimiento de los peces no fue influenciado ($P < 0.05$) por las frecuencias alimenticias empleadas en el estudio (2, 4 y 6 veces/día), se pudo notar que la asimilación del alimento y de la proteína contenida en ella, se optimiza con el uso de FA2 y FA4.

PALABRAS CLAVES: arahuana, *Osteoglossum bicirrhosum*, frecuencia de alimentación, crecimiento, dieta extruída.

GROWTH AND FEED UTILIZATION IN SILVER AROWANA *Osteoglossum bicirrhosum* FINGERLINGS FED WITH THREE FEEDING FREQUENCIES

ABSTRACT

Despite of its socio-economical importance, the silver arowana (*Osteoglossum bicirrhosum*) ornamental trade is still based on catching and trading of wild fish, mainly from areas without effective control of the Peruvian government, such as the Putumayo and Tapiche rivers. Medium-term sustainability of this fishery resource could be threatened if these practices do continue; hence, it is necessary to develop technologies to manage this fish in aquaculture that allow those illegal fishermen to become in providers of arowana seeds yielded in captivity, with the consequent improvement of their average incomes and the reduction of fishing pressure on wild silver arowana populations. The Peruvian Amazon Research Institute (IIAP), a research-oriented governmental agency, has been developing a series of studies in order to generate culture technology for this fish in captivity and to establish a sustainable offer of aquaculture-yielded silver arowana offsprings in Peru. The goal of the current study was to evaluate the effect of three feeding frequencies (FA2, FA4, and FA6) on the growth and feed utilization of silver arowana fingerlings fed a commercial extruded diet (55% CP) during 50 days. Although fish growth parameters were not significantly influenced ($P > 0.05$) by the feeding frequencies evaluated in the study (2, 4, and 6 times/day); it was recorded that, either feed or protein utilization parameters were optimized when FA2 and FA4 treatments were applied.

KEYWORDS: silver arowana, *Osteoglossum bicirrhosum*, feeding frequency, growth, extruded diet.

INTRODUCCIÓN

La arahuana, *Osteoglossum bicirrhosum*, conocida también como arahuana plateada, es un pez amazónico que está incluido en el listado de peces de agua dulce del Perú (Ortega & Vari, 1986; Ortega & Chang, 1998) y en Loreto ha sido reportada en los ríos Tapiche, Putumayo, Pastaza, Ucayali, Pacaya, Napo, entre otros (Ortega, 1991; Ortega *et al.*, 2003; Gómez & Tang, 2005; Ortega *et al.*, 2006).

Las crías de *O. bicirrhosum* tienen alta demanda como peces ornamentales especialmente en el mercado asiático. Según Alcántara *et al.* (2007) entre los años 1999 y 2007, poco más de 7.57 millones de crías de arahuana fueron exportadas desde la región Loreto, generando un total de 6.37 millones de dólares estadounidenses, ocupando esta especie el primer lugar en lo que respecta a generación de divisas por exportación de peces ornamentales en el Perú. El precio por cada individuo ha experimentado una tendencia creciente, pasando de 0.37 dólares en el año 1999 a 1.33 dólares en el 2006 (Alcántara *et al.*, 2007). Coincidentemente, Ortiz & Iannacone (2008) identifican a este pez como el primero entre una lista de 10 especies ornamentales amazónicas de mayor demanda en el Perú.

No obstante la importancia económica y la creciente demanda del exterior, la oferta de aionomorfos de este pez se sustenta únicamente en la extracción de ejemplares del medio natural, actividad que por lo general, involucra la matanza de machos adultos para la captura de las crías que éstos protegen dentro de la cavidad bucal (Gómez & Tang, 2005). Información reciente proporcionada por funcionarios de la DIREPRO Loreto indican, que de las siete empresas que registraron envíos de crías de arahuana desde Iquitos hacia el mercado externo en los últimos años (KC Fish, Acara Aquarium, MS Tropical, Stingray Aquarium, Oafa, Amazon Tropical y Acuario Miriam I), ninguna de ellas produjo los especímenes en condiciones controladas, cubriendo la totalidad de sus envíos con peces del medio natural.

La situación arriba descrita no es definitivamente sostenible a largo plazo. Por esta razón, el IIAP viene ejecutando varios estudios con el propósito de generar tecnologías para la producción de alevinos de arahuana en acuicultura y así, reducir el fuerte impacto que viene ejerciendo sobre las poblaciones naturales de esta especie. En ese sentido, el adecuado manejo alimenticio de las crías es uno de los principales requisitos a tener en cuenta al momento de desarrollar paquetes tecnológicos de cultivo para cualquier especie en acuicultura.

Las frecuencias de alimentación óptimas para las distintas fases de vida de la arahuana aún no han sido

definidas y eso conduce a una incertidumbre al momento de diseñar una rutina de alimentación para este pez. La subalimentación y sobrealimentación pueden ser perjudiciales para la salud de los peces y causan un marcado deterioro en la calidad del agua, mala utilización del alimento y un incremento en la susceptibilidad a enfermedades (Priestley *et al.*, 2006). Consecuentemente, las tasas de crecimiento y conversión alimenticia, pueden relacionarse directamente a la ración y a la frecuencia de alimentación. Por tanto, es importante ser capaces de predecir la frecuencia alimenticia más favorable para la especie y para el tamaño del pez que va a ser cultivado (Priestley *et al.*, 2006). En ese sentido, el presente artículo evaluó el uso de tres frecuencias alimenticias y sus efectos en el crecimiento y utilización del alimento en alevinos de arahuana.

MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en el Centro de Investigaciones de Quistococha (CIQ), sede del Programa de Investigación para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (AQUAREC) del IIAP. El CIQ está ubicado en el Km. 4.5 de la carretera Iquitos- Nauta en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, Región Loreto.

ORIGEN DE LOS PECES

Se utilizó un lote de 90 alevinos de arahuana (1.31 ± 0.07 g de peso promedio) provenientes de la misma progenie. Los peces fueron colectados de la cavidad bucal de un macho adulto capturado en un estanque de manejo de reproductores de arahuana del CIQ-IIAP. Las crías, al momento de la captura, aún tenían el saco vitelino desarrollado por lo que se les acondicionó en peceras de vidrio hasta que inicien la alimentación exógena.

UNIDADES EXPERIMENTALES

El experimento se llevó a cabo en nueve (9) peceras de vidrio de 4 mm de espesor, cuyas medidas eran de 30 x 40 x 30 cm. Se usó un volumen de quince litros de agua por pecera, las mismas que contaron con aireación independiente y piedras difusoras. El recambio de agua se realizó diariamente (80% del volumen total) para así mantener la calidad de la misma dentro de los parámetros permisibles para el cultivo de peces y evitar la aparición de patógenos.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Los 90 peces fueron colocados en grupos de diez

individuos dentro de las nueve peceras disponibles para el estudio (densidad de cultivo: 1 pez/1.5 litros). Tres frecuencias de alimentación (FA2: 2 veces al día, FA4: 4 veces al día y FA6: 6 veces al día), fueron aleatoriamente distribuidos por triplicado en las nueve peceras. Previo al inicio del experimento, los peces fueron sometidos a un periodo de adaptación a sus respectivos tratamientos por espacio de diez días.

Los peces fueron alimentados con una dieta comercial extruída con un tenor proteico de 55% y 1.5 mm de diámetro del pellet, formulada y comercializada por la empresa peruana MURVECO TRADING. La tasa de alimentación empleada fue equivalente al 10% de la biomasa presente en cada pecera, que se mantuvo hasta el final del estudio.

La fase experimental tuvo una duración de 50 días y los horarios de alimentación de acuerdo a cada frecuencia fueron los siguientes:

- Fa2 : 8 am y 4 pm
- Fa4 : 8 am, 10.30 am, 1.30 pm y 5 pm
- Fa6 : 8 am, 10 am, 12 m, 2 pm, 4 pm y 6 pm

El alimento que al cabo de una hora no fuera consumido por los peces, fue retirado de las peceras usando el método del sifoneo para posteriormente ser secado en una estufa a 65 °C por 24 horas, pesado y finalmente restado de los registros de alimentación, a fin de calcular el consumo real de alimento en cada pecera y reajustar los índices de utilización de alimento.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO

Cada diez días se realizaron muestreos biométricos para evaluar el crecimiento en peso y longitud de todos los peces y reajustar las raciones de cada pecera para los próximos 9 días de alimentación. Los índices zootécnicos evaluados fueron los siguientes: tasa de conversión alimenticia (TCA), tasa de crecimiento específico (TCE), eficiencia alimenticia (EA), tasa de eficiencia proteica (TEP) y sobrevivencia (S).

CALIDAD DE AGUA

Diariamente se registró la temperatura y el pH del agua utilizando pH metro WTW 330i® y los niveles de oxígeno disuelto con la ayuda de un oxímetro YSI 55®. Cada diez días se evaluó los niveles de alcalinidad total, amonio, dureza total, dióxido de carbono y nitritos, empleando un KIT AQ-2® de la empresa LaMotte.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

El procesamiento de los datos se realizó en el programa estadístico SPSS versión 16. Los datos fueron analizados a través de análisis de varianza (ANOVA) teniendo en cuenta de que los valores expresados en porcentajes sean transformados por el método del arco seno previo a su análisis en ANOVA (Lochmann *et al.*, 2009). Cuando existieron diferencias significativas en los ANOVA ejecutados, se aplicó la prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados son mostrados como el promedio \pm la desviación estándar (DS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CALIDAD DE AGUA

En términos generales los valores de calidad de agua y sus variaciones en cada una de las réplicas de los tres tratamientos evaluados estuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo de peces amazónicos (Tabla 1).

CRECIMIENTO DE LOS PECES

Al finalizar el periodo de alimentación, se comprobó que los peces respondieron satisfactoriamente al alimento balanceado suministrado. En un lapso de 50 días, los alevinos criados bajo los tratamientos FA2, FA4 y FA6, ganaron en promedio, 8.3, 8.9 y 8.1 veces su peso inicial, respectivamente; un nivel de crecimiento interesante, al cual hay que añadir, la fácil transición y adaptación de los peces a dicho alimento, proceso que incluso fue más rápido que lo reportado en paiche (Velásquez *et al.*, 2007). Durante la etapa de transición y adaptación al consumo de los pellets flotantes se hizo evidente que, por la posición de la boca y la conocida capacidad olfatoria y visual de los ejemplares de esta especie (Argumedo, 2005), los alevinos se adaptarían rápidamente al consumo de la dieta extruída, hipótesis que fue rápidamente confirmada.

A pesar de que Argumedo (2005) recomienda una tasa de alimentación del 20% en alevinos de arahuana de 1.4 g de peso promedio cultivados en estanques de tierra; en el presente estudio, una tasa de alimentación de 10% fue suficiente para promover un buen nivel de crecimiento.

En la literatura actual solo existe un trabajo (Argumedo, 2005) en donde se evaluó el crecimiento de alevinos de arahuana en acuicultura. En dicho trabajo, se reporta que ejemplares de *O. bicirrhosum* de 1.4 g pueden alcanzar hasta 12.8 g de peso promedio en apenas 30 días de cultivo utilizando dietas balanceadas con 45–50% de proteína cruda y

tasas de alimentación que varían entre 15–20%, en función del grado de aceptación de los peces. En el caso particular de Argumedo (2005) se debe considerar que los peces fueron criados en estanques de tierra, es decir, que además del alimento proporcionado, los animales tuvieron acceso a una amplia variedad de larvas de insectos, anélidos, artrópodos y otros invertebrados presentes en el ambiente acuático que también aportaron con nutrientes y energía que definitivamente influyeron en el crecimiento de los peces y que fueron factores que escaparon al control del investigador. En nuestro caso, el estudio se ejecutó en peceras bajo techo, evitando la influencia de otros ítems alimenticios.

Particularmente, el nivel de crecimiento registrado en el presente estudio fue similar a lo que a veces se observa en alevinos de *Arapaima gigas* (Crescêncio *et al.*, 2003), un pez que de crecimiento rápido y filogenéticamente cercano a la arahuana. Al evaluar la influencia de las frecuencias de alimentación en el desempeño productivo de los alevinos, se pudo comprobar que el crecimiento en peso y longitud de los individuos no fueron significativamente influenciados ($P>0.05$) por los tratamientos empleados en la alimentación de los animales (Tabla 2).

En términos prácticos, da entonces lo mismo alimentar 2, 4 o 6 veces al día puesto que finalmente se obtendrá la misma respuesta productiva en los alevinos de esta especie; y aunque similares resultados fueron reportados en el Brasil en la especie paiche (Gandra *et al.*, 2007), la literatura aporta ejemplos de trabajos donde el uso de diferentes frecuencias alimenticias si tienen influencia en el crecimiento. Por ejemplo, Webster *et al.* (2001) evaluó varias frecuencias de alimentación en el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), concluyendo que con una frecuencia de alimentación adecuada, es posible mejorar la

eficiencia alimenticia, la tasa de crecimiento y disminuir los residuos de alimento. De igual modo, Ruohonen *et al.* (1998), experimentaron tres frecuencias de alimentación (1, 2 y 4 veces/día) en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y revelan que para maximizar el desempeño productivo de esta especie, sería ideal alimentarla 4 veces/día.

Un dato interesante fue observar que los índices de utilización de alimento (tasa de conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y eficiencia proteica) sí fueron significativamente influenciados ($P<0.05$) por los tratamientos empleados (Tabla 2). Según la prueba de Tukey, los peces alimentados con el tratamiento FA4 (4 veces al día), convirtieron ($P<0.05$) y asimilaron ($P<0.05$) más eficientemente la ración alimenticia suministrada (TCA y EA de 1.26 y 0.80, respectivamente) que los peces del tratamiento FA6. La asimilación de las proteínas presentes en la ración extruída utilizada en el estudio, fue también mayor (TEP = 1.45) en los peces alimentados con la frecuencia FA4, en comparación con los peces del tratamiento FA6 (TEP = 1.26). De otro lado, la prueba de Tukey no registró diferencias en la utilización del alimento entre los tratamientos FA2 y FA4 ($P>0.05$).

Uno de los principales riesgos al suministrar alimento en varias raciones diarias es que a medida que se incrementa el número de raciones por día, se reduce la cantidad de alimento ofertada en cada alimentación lo que genera disparidad de tamaños entre los ejemplares de una misma pecera y consecuentemente se acorta el tiempo entre raciones, lo que no permite la completa digestión de la ración anterior, que finalmente redundará en una menor asimilación.

La sobrevivencia en todas las peceras fue del 100%, lo que demuestra de manera contundente la rusticidad de las crías de arahuana y la viabilidad técnica de su manejo en condiciones controladas, lo que coincide con las observaciones de Argumedo (2005).

Tabla 1. Calidad de agua (promedio \pm desviación estándar) registrada durante la fase de cultivo de 90 alevinos de arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*) alimentados con tres frecuencias alimenticias (FA2: 2 veces/día, FA4: 4 veces/día y FA6: 6 veces/día) durante 50 días.

PARÁMETROS	(Promedio \pm desviación estándar)		
	FA2	FA4	FA6
Temperatura (°C)	26.9 \pm 1.8	26.5 \pm 1.7	26.5 \pm 1.6
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.9 \pm 2.0	5.3 \pm 2.8	5.7 \pm 2.7
pH (upH)	6.7 \pm 0.4	6.7 \pm 0.2	6.8 \pm 0.4
Nitritos (ppm)	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Amonio (ppm)	0.4 \pm 0.3	0.4 \pm 0.3	0.4 \pm 0.3
Dióxido de carbono (ppm)	4.5 \pm 3.5	4.0 \pm 3.0	3.5 \pm 3.0
Alcalinidad total (ppm)	15.0 \pm 3.0	16.3 \pm 2.6	14.5 \pm 3.5
Dureza total (ppm)	12.3 \pm 3.5	15.5 \pm 2.5	15.0 \pm 3.5

Tabla 2. Crecimiento e índices zootécnicos (promedio \pm desviación estándar) registrados en alevinos de arahuana, (*Osteoglossum bicirrhosum*), alimentados con tres frecuencias de alimentación (FA2: 2 veces/día, FA4: 4 veces/día y FA6: 6 veces/día) durante 50 días.

VARIABLE	FRECUENCIA ALIMENTICIA			PROB.
	FA2	FA4	FA6	
Peso inicial (g)	1.34 \pm 0.11	1.32 \pm 0.07	1.28 \pm 0.04	0.6961
Peso final (g)	12.40 \pm 0.18	13.01 \pm 0.99	11.64 \pm 1.36	0.3012
Ganancia de peso (g)	11.06 \pm 0.28	11.69 \pm 0.93	10.36 \pm 1.39	0.3183
Longitud inicial (cm)	6.85 \pm 0.15	6.82 \pm 0.10	6.81 \pm 0.05	0.8896
Longitud final (cm)	14.16 \pm 0.10	14.31 \pm 0.48	13.80 \pm 0.48	0.3313
Tasa de conversión alimenticia	1.29 \pm 0.04b	1.26 \pm 0.02b	1.46 \pm 0.08a	0.0494
Tasa de crecimiento específico	4.46 \pm 0.19	4.58 \pm 0.05	4.40 \pm 0.29	0.5828
Eficiencia alimenticia	0.77 \pm 0.03a,b	0.80 \pm 0.02c	0.68 \pm 0.04a	0.0491
Tasa de eficiencia proteica	1.41 \pm 0.05	1.45 \pm 0.03	1.26 \pm 0.08	0.0489
Sobrevivencia (%)	100	100	100	----

CONCLUSIONES

Con los resultados del presente estudio, se puede concluir que las frecuencias de alimentación (2, 4 y 6 veces/día), no influyen en el crecimiento de los alevinos de arahuana; sin embargo se puede aseverar que la alimentación se optimiza, al utilizar las frecuencias alimenticias de 2 y 4 veces/día y se disminuye el estrés de los peces. El presente trabajo significa un aporte importante al conocimiento del manejo alimenticio de este pez en cautiverio y al mismo tiempo, un avance tecnológico que abre nuevas interrogantes que deben ser motivo de futuras investigaciones.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto INCAGRO, el que a través del contrato N° 2007-00543-AG-INCAGRO/FDSE (Subproyecto Arahuana) financió la ejecución del presente estudio. Al personal técnico del CIQ-IIAP por el apoyo en la ejecución del estudio.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alcántara, B. F.; Chu-Koo, F. W.; Chávez, V. C. A.; Tello, S.; Bances, C. K. C.; Torrejón, M. M.; Gómez, N. J. L.; Noriega, M. J. 2007. Notas sobre la pesquería ornamental de la arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* (Osteoglossidae) en Loreto, Perú y posibilidades de su cultivo. *Folia Amazonica*, 16(1/2):55-61.
- Argumedo, E. G. T. 2005. *Arawanas: Manual para la cría comercial en cautiverio*. Edit. Produmedios. Bogotá. 105p.
- Crescêncio, R.; Ituassú, D.R.; Roubach, R.; Pereira-Filho, M.; Cavero, B.A.S.; Gandra, A.L.; 2003. Influencia do periodo de alimentacao no consumo e ganho de peso do pirarucu. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40(12):1217-1222.
- Gandra, A.L.; Ituassu, D.R.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Crescencio, R.; Cavero, B.A.S. 2007. Pirarucu growth under different feeding regimes. *Aquaculture International*, 15:91-96.
- Gómez, J.; Tang, M. 2005. Biología y aprovechamiento de *Osteoglossum bicirrhosum* "arahuana" en la microcuenca de la Cocha El Dorado-Reserva Nacional Pacaya Samiria. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 121p.
- Lochmann, R.; Chen, R.; Chu-Koo F. W.; Camargo, W. C.; Kohler, C. C. 2009. Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and non-specific immune response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(1):33-44.
- Ortega, H. 1991. Adiciones y correcciones a la lista anotada de los peces continentales del Perú. *Publicación del Museo de Historia Natural UNMSM (A)*, 39:1-6.
- Ortega, H.; Chang, F. 1998. Peces de aguas continentales del Perú. In: Halffter, G. (Ed). *La diversidad biológica de Iberoamérica III*. Volumen Especial, *Acta Zoológica Mexicana*. 223p.
- Ortega, H.; Hidalgo, M.; Bertiz, G. 2003. Los peces del río Yavarí. In: Pitman, N.; Vriesendorp, C.; Moskovits, D. (Eds.) *Yavarí: Rapid Biological Inventories Report 11*. Chicago IL: The Field Museum. p. 59-62 y 220-243.
- Ortega, H.; Vari, R.P. 1986. Annotated checklist of the freshwater fishes of Peru. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 437:1-25.
- Ortega, H.; Mojica, J.I.; Alonso, J.C.; Hidalgo, M. 2006. Listado de peces de la cuenca del río Putumayo en su sector colombo - peruano. *Biota Colombiana*, 7(1):95-112.
- Ortiz, N.; Iannacone, J. 2008. Estado actual de los peces ornamentales amazónicos del Perú que presentan mayor demanda de exportación. *Biologist*, 6(1):54-67.
- Priestley, S.M.; Stevenson, A.E.; Alexander, L.G. 2006. The Influence of feeding frequency on growth and body condition of the common Goldfish (*Carassius auratus*). *Journal of Nutrition*, 136:1979-1981.
- Ruohonen, K.; Vielma, J.; Grove, D.J. 1998. Effects of feeding frequency on growth and food utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low fat herring or dry pellets. *Aquaculture*, 165:111-121.
- Webster, C.D.; Thompson, K.R.; Morgan, A.M.; Grisby, E.J.; Dasgupta, S. 2001. Frequency feeding affects growth, not fillet composition, of juvenile Sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis* grown in cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(1):79-88.

EFFECTO DE TRES FRECUENCIAS DE ALIMENTACIÓN EN EL CRECIMIENTO, UTILIZACIÓN DE ALIMENTO Y SOBREVIVENCIA DE JUVENILES DE DONCELLA *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766).

Franco GUERRA GRANDEZ², Fabiola LOZANO ANCANI^{1,2}, Carmen GARCÍA-DÁVILA^{1,2}, Luciano RODRÍGUEZ CHU^{1,2}, Rosana CUBAS GUERRA¹, David PANDURO TAFUR^{1,3}, Fred CHU-KOO^{1,2}

- 1 Universidad Nacional de la Amazonía Peruana - UNAP. Escuela de Post Grado. Cátedra CONCYTEC. Maestría en Acuicultura. Iquitos, Perú.
- 2 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (AQUAREC). Carretera Iquitos – Nauta, Km. 4.5. Iquitos, Perú. E.mail : fchuk20@gmail.com
- 3 Dirección Regional de la Producción de Loreto. Programa de Créditos Acuicolas y Pesqueros. Av. Ramirez Hurtado s/n. Iquitos, Perú.

RESUMEN

La doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), especie que tiene una amplia distribución en Sudamérica, es un pez, que por la calidad de su carne y su rápido crecimiento viene despertando el interés del sector acuícola, principalmente en países como Brasil, Colombia y el Perú. La agencia gubernamental peruana PROMPERU, viene buscando mercados para la carne de este pez y al mismo tiempo articulando con otros actores, el desarrollo de planes e investigaciones para el establecimiento de una oferta exportable de su filete. Uno de estos actores, es el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana–IIAP, institución que viene desarrollando una serie de estudios que lleven a la generación de tecnologías para el cultivo de la doncella. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los posibles efectos de tres frecuencias de alimentación (FA2, FA4 y FA6) sobre el crecimiento, utilización del alimento y sobrevivencia de juveniles de doncella (*P. fasciatum*) alimentados con una dieta peletizada (42% PB) durante 45 días. Al final del estudio, no se registraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los índices de crecimiento, utilización de alimento, ni en los niveles de sobrevivencia de los peces como efecto de la aplicación de las tres frecuencias de alimentación (2, 4 y 6 veces/día). En conclusión, juveniles de doncella, de 20 g de peso promedio, sólo necesitarían ser alimentados dos veces al día, lo que permitirá al acuicultor obtener un adecuado rendimiento productivo de los peces, con un mínimo requerimiento de mano de obra.

PALABRAS CLAVE: doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum*, frecuencia de alimentación, crecimiento.

EFFECTS OF THREE FEEDING FREQUENCIES ON GROWTH, FEED UTILIZATION AND SURVIVAL OF TIGER SHOVELNOSE CATFISH *Pseudoplatystoma fasciatum* JUVENILES

ABSTRACT

The tiger shovelnose catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766), a species widely distributed in South America, is a fish that due to its high-quality meat and fast growth, has been arising the interest of fish farmers, specially in countries like Brazil, Colombia, and Peru. The Peruvian governmental agency known as PROMPERU, has been looking for new international markets for this fish overseas, and at the same time linking efforts with other Peruvian organisms in order to develop strategies and studies that can lead to the establishment of a sustainable meat production of tiger shovelnose catfish, for international trade. One of these institutions is the Peruvian Amazon Research Institute–IIAP, which is developing a series of studies in order to generate culture technology for this catfish. The main goal of this study was to evaluate the effects of three feeding frequencies (FA2, FA4, and FA6) on the growth, feed utilization and survival of tiger shovelnose catfish (*P. fasciatum*) juveniles fed a pelleted diet (42% CP) during 45 days. At the end of the study, no significant differences ($P > 0.05$) in fish growth, feed utilization and survival levels were recorded as result of the three feeding frequencies (2, 4 and 6 times/day) evaluated. To sum up, tiger shovelnose catfish juveniles of around 20 g of mean body weight would only need to be fed twice per day, which will allow the fish farmers to obtain an adequate fish yield performance with minimal work requirement.

KEYWORDS: tiger shovelnose catfish, *Pseudoplatystoma fasciatum*, feeding frequency, growth.

INTRODUCCIÓN

Pseudoplatystoma (Bleeker, 1862) es un género que agrupa a tres especies de grandes bagres muy reconocidas en Sudamérica: *P. fasciatum*, *P. tigrinum* y *P. corruscans* y de creciente importancia para la acuicultura (Núñez *et al.*, 2008). Estos bagres alcanzan tallas que sobrepasan los 1.3 m, viven en diversos hábitats tales como grandes ríos, lagos y bosques inundados del neotrópico (Reid, 1983) y tienen un reconocido comportamiento migratorio (Barthem & Goulding, 1997; Loubens & Panfili, 2000). Su pigmentación es distintiva y consiste de bandas verticales oscuras y pálidas, bandas reticuladas y manchas circulares oscuras. Actualmente se considera que las poblaciones naturales de *Pseudoplatystoma* están amenazadas debido a la sobreexplotación, construcción de hidroeléctricas, minería, deforestación y contaminación (Carolsfeld *et al.*, 2003).

Desde el año 2007, el IIAP junto al IRD (Francia) vienen ejecutando diversos estudios enfocados en mejorar las técnicas de larvicultura y alevinaje con el propósito de incrementar la sobrevivencia, generar tecnologías para la producción de alevinos en acuicultura y así, fomentar el cultivo de doncella e indirectamente reducir el impacto sobre sus poblaciones naturales. En ese sentido, el adecuado manejo alimenticio de las crías es uno de los principales requisitos a tener en cuenta al momento de desarrollar un paquete tecnológico de cultivo para cualquier especie en acuicultura. La frecuencia de alimentación óptima para los alevinos de doncella aún no ha sido definida y eso conduce a una incertidumbre al momento de diseñar una rutina de alimentación para estos peces.

Es ampliamente conocido que la subalimentación y la sobrealimentación, son factores que pueden ser perjudiciales para la salud de los peces porque causan un marcado deterioro en la calidad del agua, mala utilización del alimento y un incremento en la susceptibilidad a enfermedades (Priestley *et al.*, 2006). Consecuentemente, las tasas de crecimiento específico y de conversión alimenticia, pueden relacionarse directamente a la cantidad de ración y a la frecuencia de alimentación empleada. Por tanto, es importante ser capaces de predecir la frecuencia alimenticia más favorable para la especie y para el tamaño del pez que va a ser cultivado (Priestley *et al.*, 2006). En ese sentido, el presente trabajo evaluó los efectos del uso de tres frecuencias alimenticias en el crecimiento y utilización del alimento en juveniles de doncella.

MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en las instalaciones piscícolas del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), situado en la comunidad de Quistococha (Km. 4.5 de la carretera Iquitos Nauta), provincia de Maynas, departamento de Loreto.

ORIGEN DE LOS PECES Y PERIODO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación tuvo un período experimental de 45 días y se empleó un total de 45 alevinos de doncella (*Pseudoplatystoma fasciatum*) obtenidos a través de reproducción inducida de adultos de esta especie (Padilla *et al.*, 2001). Los peces tuvieron pesos homogéneos (20 g) y fueron previamente adaptados al consumo de alimento balanceado, siguiendo protocolos establecidos en el IIAP.

UNIDADES EXPERIMENTALES

El experimento se llevó a cabo en nueve (9) tanques rectangulares de cemento (0.75 x 0.35 x 0.45 m) revestidos internamente de mayólicas, los mismos que contaron con aireación independiente y piedras difusoras. El volumen aproximado de agua utilizado en cada unidad experimental fue de 50 litros (densidad de cultivo 1 pez/10 litros), con flujo constante y una tasa de recambio de agua de 1 litro/minuto para así mantener la calidad del agua dentro de los parámetros permisibles para el cultivo de peces y evitar la aparición de patógenos.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Los 45 peces fueron distribuidos en grupos de cinco (5) individuos entre las nueve (9) unidades experimentales. Tres frecuencias de alimentación (FA2: 2 veces al día, FA4: 4 veces al día y FA6: 6 veces al día), fueron aleatoriamente distribuidos por triplicado en los nueve tanques. Previo al inicio del experimento, los peces fueron sometidos a un periodo de adaptación a sus respectivos tratamientos por espacio de diez días.

Los peces fueron alimentados con una dieta comercial extruída con un tenor proteico de 42% y 3 mm de diámetro del pellet, formulada por investigadores del IIAP. La tasa de alimentación empleada fue equivalente al 5% de la biomasa presente en cada tanque, tasa que se mantuvo hasta el final del estudio.

La fase experimental tuvo una duración de 45 días y los horarios de alimentación de acuerdo a cada frecuencia fueron los siguientes:

- FA2 : 8.00 y 16.00 h.
- FA4 : 8.00, 10.30, 13.30 y 17.00 h
- FA6 : 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 y 18.00 h

El alimento que al cabo de una hora no fuera consumido por los peces, fue retirado de los tanques usando el método del sifoneo para posteriormente ser secado en una estufa a 65 °C por 24 horas, pesado y finalmente restado de los registros de alimentación, a fin de calcular el consumo real de alimento en cada tanque y reajustar los índices de utilización de alimento.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO, UTILIZACIÓN DEL ALIMENTO Y LA SOBREVIVENCIA

Cada quince días se realizaron muestreos biométricos para evaluar el crecimiento en peso y longitud de todos los peces y reajustar las raciones de cada pecera para los próximos 14 días de alimentación. Los índices zootécnicos evaluados fueron los siguientes: tasa de crecimiento específico (TCE), tasa de crecimiento relativo (TCR), tasa de conversión alimenticia (TCA), eficiencia alimenticia (EA), tasa de eficiencia proteica (TEP) y sobrevivencia (S).

CALIDAD DE AGUA

Diariamente se registró la temperatura y el pH del agua utilizando pH metro WTW 330i® y los niveles de oxígeno disuelto con la ayuda de un Oxímetro YSI 55®. Cada quince días se evaluó los niveles de alcalinidad total, amonio, dureza total, dióxido de carbono y nitritos, empleando un KIT AQ-2® de la empresa LaMotte.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

El procesamiento de los datos se realizó en el programa estadístico JMP IN versión 4.0.4 (Sall *et al.*, 2001). Los datos fueron analizados a través de análisis de varianza (One-way ANOVA) teniendo en cuenta de que los valores expresados en porcentajes sean transformados por el método del arco seno previo a su análisis en ANOVA. Los resultados son mostrados como el promedio \pm la desviación estándar (DS).

RESULTADOS

CALIDAD DEL AGUA

En líneas generales, los principales parámetros físicos y químicos del agua se mantuvieron dentro de lo esperado, es decir dentro de los límites adecuados para el cultivo de peces amazónicos como la doncella (Tabla 1).

CRECIMIENTO, UTILIZACIÓN DEL ALIMENTO Y SOBREVIVENCIA

En la Tabla 2, se muestran los principales índices de crecimiento, utilización del alimento y los niveles de sobrevivencia obtenidos de los ejemplares de doncella criados durante los 45 días de experimentación bajo la influencia de tres frecuencias de alimentación. Los indicadores de crecimiento en peso (PF, GP, GPD, TCE, TCR, BF y BG) no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($P > 0.05$). El análisis de varianza tampoco registró diferencias ($P > 0.05$) significativas en lo que respecta al consumo (alimento consumido y proteína consumida) y a la utilización del alimento (TCA, EA y TEP) entre los peces sometidos a las tres frecuencias de alimentación empleadas en el presente estudio (Tabla 2). A pesar de que se registró la muerte de dos ejemplares en el tratamiento FA6, no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en cuando a los niveles de sobrevivencia (FA2 = 100%, FA4 = 100% y FA6 = $86.67 \pm 11.55\%$).

Tabla 1. Calidad de agua (promedio \pm desviación estándar) registrada durante la fase de cultivo de 45 juveniles de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* alimentados con tres frecuencias alimenticias (FA2: 2 veces/día, FA4: 4 veces/día y FA6: 6 veces/día) durante 45 días.

PARÁMETROS	(Promedio \pm desviación estándar)		
	FA2	FA4	FA6
Temperatura (°C)	26.2 \pm 0.96	26.4 \pm 1.12	26.3 \pm 1.41
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.73 \pm 0.32	5.61 \pm 0.54	5.7 \pm 0.61
pH (upH)	6.54 \pm 0.48	6.6 \pm 0.32	6.65 \pm 0.43
Nitritos (ppm)	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Amonio (ppm)	<0.2	<0.2	<0.2
Dióxido de carbono (ppm)	5.5 \pm 3.5	4.5 \pm 3.0	3.5 \pm 3.0
Dureza total (ppm)	12.0 \pm 3.0	14.0 \pm 2.0	14.0 \pm 3.0

Tabla 2. Crecimiento e índices zootécnicos (promedio \pm desviación estándar) registrados en juveniles de doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum*, alimentados con tres frecuencias de alimentación (FA2: 2 veces/día, FA4: 4 veces/día y FA6: 6 veces/día) durante 45 días.

INDICES ZOOTEKNICOS	FRECUENCIAS ALIMENTICIAS			PROB.
	FA2	FA4	FA6	
PI (g)	20.6 \pm 1.0	20.0 \pm 1.0	19.4 \pm 1.0	0.7140
PF (g)	32.7 \pm 1.6	32.1 \pm 1.6	30.7 \pm 1.6	0.3639
GP (g)	12.1 \pm 0.5	12.08 \pm 0.5	11.3 \pm 0.6	0.1883
GPD (g/día)	0.27 \pm 0.01	0.27 \pm 0.01	0.25 \pm 0.01	0.1883
TCR (%)	58.7 \pm 2.7	60.9 \pm 8.7	58.8 \pm 7.2	0.9040
TCE (%peso/día)	1.03 \pm 0.04	1.05 \pm 0.12	1.02 \pm 0.1	0.9120
BI (g)	102.9 \pm 6.2	100.2 \pm 10.31	96.9 \pm 9.2	0.7140
BF (g)	163.2 \pm 8.1	160.6 \pm 8.1	153.4 \pm 8.0	0.3639
BG (g)	60.3 \pm 2.4	60.4 \pm 2.4	56.5 \pm 2.9	0.1883
S (%)	100	100	86.7 \pm 11.6	0.0787
EA	0.42 \pm 0.04	0.47 \pm 0.27	0.42 \pm 0.11	0.9079
TCA	2.37 \pm 0.4	2.46 \pm 1.0	2.47 \pm 0.6	0.9779
TEP	0.59 \pm 0.07	0.66 \pm 0.35	0.71 \pm 0.42	0.9077
Proteína consumida (g)	59.8 \pm 2.8	61.8 \pm 23.5	58.3 \pm 11.3	0.9618
Alimento consumido (g)	142.5 \pm 6.6	147.0 \pm 55.8	138.8 \pm 26.9	0.9618

Leyenda:

PI = peso inicial, PF = peso final, GP = ganancia de peso, GPD = ganancia de peso diario, BI = biomasa inicial, BF = biomasa final, BG = biomasa ganada, TCR = tasa de crecimiento relativo, TCE = tasa de crecimiento específico, EA = eficiencia alimenticia, TCA = tasa de conversión alimenticia, S = sobrevivencia, TEP = tasa de eficiencia proteica.

DISCUSIÓN

El costo de las raciones alimenticias y las horas-hombre empleadas en la alimentación son dos de las principales variables que afectan el costo final de las operaciones en acuicultura (Riche *et al.*, 2004). En ese sentido, una de las estrategias comúnmente utilizadas para maximizar el crecimiento de los organismos en cultivo es justamente, maximizar la alimentación. Sin embargo, ha quedado demostrado que esta estrategia tiende a incrementar el alimento que se pierde en el estanque (entre 5-30% de lo ofertado), hasta significar casi el 50% de los desperdicios sólidos producidos en el proceso (Cho *et al.*, 1991). Consecuentemente, este tipo de manejo resulta en la disminución de la eficiencia alimenticia, deterioro de la calidad del agua y en el aumento de los costos de operación. Por tanto, un buen manejo de la alimentación en todas las fases de cultivo, que incluya una apropiada frecuencia de alimentación, reducirá la sobrealimentación y maximizará la eficiencia alimenticia.

De acuerdo a nuestros resultados, los parámetros de crecimiento, utilización de alimento, así como la sobrevivencia de los juveniles de doncella fueron similares en los tres tratamientos evaluados. Similares resultados fueron reportados por Gandra *et al.* (2007) en juveniles de paiche (*Arapaima gigas*). Sin embargo, hay experiencias reportadas en la literatura donde el uso de distintas frecuencias de alimentación si influyen decisivamente en el desempeño productivo de los organismos en cultivo. Por ejemplo, en un estudio similar, Ferreira *et al.* (2007), aplicaron las mismas frecuencias de alimentación evaluadas en el presente estudio (2, 4 y 6 veces al día) en la alimentación de alevinos de “dourado” (*Salminus brasiliensis*) y observaron que, al cabo de 35 días, hubo una marcada diferencia en la cantidad de alimento consumido, la velocidad de crecimiento (TCE) y los niveles de sobrevivencia en los peces alimentados con la frecuencia de alimentación de seis veces al día. Similar resultado también fue reportado por Wang *et al.* (1998), en el consumo de alimento en ejemplares híbridos de “sunfish” (*Lepomis cyanellus* x *L. macrochirus*) alimentados seis veces al día.

Definitivamente, el contar con información relevante sobre los regímenes u horarios de alimentación de una especie en cultivo es importante para alcanzar una eficiente producción y para asegurar las mejores tasas de conversión alimenticia y ganancia de peso. Por eso, un paso importante en la estrategia alimenticia es determinar la frecuencia de alimentación óptima. Otro claro ejemplo de la influencia del empleo de distintas frecuencias de alimentación en el desempeño productivo de un organismo; es el trabajo de Ruohonen *et al.* (1998), quienes al emplear tres frecuencias de alimentación (1, 2 y 4 veces/día) en la

trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) encontraron que, para maximizar el desempeño productivo de esta especie, sería ideal alimentarla 4 veces/día.

Revisando la literatura relacionada a la temática del estudio, pudimos darnos cuenta de la importancia de este trabajo. Existe una severa escasez de información de estudios similares realizados en doncella; por lo que nos vimos obligados a discutir nuestros resultados con estudios similares realizados en otros bagres del mundo. Así, encontramos que Webster *et al.* (2001), concluyeron que en el bague de canal (*Ictalurus punctatus*), una especie oriunda de Norteamérica y ampliamente cultivada en el sur de Estados Unidos, es posible mejorar la eficiencia alimenticia, la tasa de crecimiento y disminuir los residuos de alimento empleando una adecuada frecuencia de alimentación. De igual modo, Canton *et al.* (2007), evaluaron el uso de cuatro frecuencias alimenticias (1, 2, 3 y 4 veces al día) en la alimentación de juveniles de jundiá (*Rhamdia quelen*), un bague de importancia comercial del sur de Brasil, cultivado en estanques de tierra y alimentado con una dieta extrusada (42% proteína); observando que los peces alimentados cuatro veces al día presentaron valores de TCE superiores, siendo esa tasa significativamente diferente cuando fue comparada con los peces alimentados una vez al día.

Estudios realizados en carácidos, como el de Hayashi *et al.* (2004), indican que la ganancia de peso de alevinos de lambari (*Astyanax bimaculatus*), alimentados cuatro veces al día, fue superior a la de los peces alimentados dos, seis y ocho veces al día. Feiden *et al.* (2007), reportan que la frecuencia alimenticia más eficiente a ser empleada en los alevinos de lisa (*Leporinus elongatus*) es la de cuatro veces al día, puesto que produce una mejor ganancia de peso.

Aparentemente, los peces de los tratamientos FA2 y FA4 consumieron más alimento que los del tratamiento FA6; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas, a diferencia de otros estudios donde a medida que se incrementa las frecuencias de alimentación también aumenta el consumo de alimento (Wang *et al.*, 1998; Başçınar *et al.*, 2007).

En los 45 días de cultivo, la tasa de conversión alimenticia varió entre 2.37 y 2.47, y la eficiencia alimenticia entre 42 y 47%, valores que indican una baja asimilación del alimento. Sin embargo, siendo la doncella un pez eminentemente carnívoro y al que todavía se le viene adaptando al consumo de dietas secas, entonces es absolutamente normal que el grado de asimilación del alimento inerte sea particularmente menor que en otras especies amazónicas de hábitos omnívoros, que presentan mayor adaptabilidad al alimento balanceado, como son los casos específicos de la gamitana (*Colossoma macropomum*) y el paco (*Piaractus brachipomus*).

La sobrevivencia promedio observada en los juveniles de doncella durante el experimento varió entre 86.7 y 100%, que son niveles similares a los reportados por Ali *et al.* (2005) y Khan *et al.* (2009) y algo mayores a los reportados por Azad *et al.* (2004) en el bagre asiático *Pangasius hypophthalmus*, una especie de alto valor comercial y que actualmente predomina en el sudeste asiático, principalmente en Vietnam. Los altos niveles de sobrevivencia observados en *P. fasciatum* podría deberse al adecuado tamaño al momento de la siembra (20 g).

En conclusión, los resultados del presente trabajo muestran que la frecuencia de alimentación no tuvo influencia en el crecimiento ni en la utilización del alimento. Esto significa que da lo mismo emplear cualquiera de las frecuencias evaluadas en el estudio, puesto que estadísticamente producirán resultados similares. Sin embargo, para fines prácticos en cuanto al manejo de la alimentación de juveniles de *P. fasciatum*, se sugiere el uso de la frecuencia FA2 (dos veces al día) o en todo caso, que la alimentación manual no supere el límite máximo de cuatro veces al día, puesto que permitirá obtener similar rendimiento productivo con mínimo requerimiento de mano de obra.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto INCAGRO, que a través del Contrato N° 2007-0542-AG-INCAGRO/FDSE, subproyecto “Mejoramiento genético y producción intensiva de alevinos seleccionados de doncella *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1776) en la Amazonía peruana” financió la ejecución del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Ali, M.Z.; Hossain, M.A.; Gazid, M.A. 2005. Effect of mixed feeding schedules with varying dietary protein levels on the growth of cutch catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage) with silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes) in ponds. *Aquaculture Research*, 36:627-634.
- Azad, M.A.K.; Rahman, M. R.; Rahman, Z.; Kader, M.A.; Haque, M.M.; Alam, M.J. 2004. Polyculture of carp, tilapia and pangas using low cost inputs. *Pak. J. Biol. Sci.*, 7(11):1918-1926.
- Başçınar, N.; Çakmak, E.; Çavdar, Y.; Aksungur, N. 2007. The effect of feeding frequency on growth performance and feed conversion rate of Black sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811). *Tur. J. Fisheries. Aqua. Sci.*, 7: 13-17.
- Barthem, R. B.; Goulding, M. 1997. *Os bagres balizadores: ecologia, migração de pexies a m a z ô n i c o s*. Sociedade Civil Mamirahuá/MTC-CNPq/IPAAM.
- Canton, R.; Weingartner, M.; Fracalossi, D.M.; Zaniboni-Filho, E. 2007. Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4):749-753.
- Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C.; Baer, A. 2003. *Migratory Fishes of South America. Biology fisheries and conservation status*. 372 pp.
- Cho, C.Y.; Hynes, J.D.; Wood, K.R.; Yoshida, H.K. 1991. Quantitation of fish culture wastes by biological (nutritional) methods: the development of high nutrient dense (HND) diets. In: Cowey, H.D.; Cho, C.Y. (Eds). *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste*. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. Univ. Guelph, Ontario, Canada. pp.37-49.
- Feiden, A.; Zaminhan, M.; Azambuja de Freitas, J.M.; Lui, T.A.; dos Reis E.S.; Boscolo, W.R. 2007. Frequência de arraçoamento para alevinos de Piaparas *Leporinus elongatus*. In: 1° Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce. EMBRAPA. Mato Grosso do Sul, 5p.
- Ferreira, R. D. A.; Thiesen, R.; Costa, T. R.; Ishikawa, M. M.; Hisano, H. 2007. Frequência alimentar no desempenho de alevinos de dourado. In: 1° Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce. EMBRAPA. Mato Grosso do Sul, 5p.
- Gandra, A.L.; Ituassu, D.R.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Crescencio, R.; Cavero, B.A.S. 2007. Pirarucu growth under different feeding regimes. *Aquaculture International*, 15:91-96.
- Hayashi, C.; Meurer, F.; Boscolo, W.R.; Figueiredo, C.H.L.; Kavata, L.C.B. 2004. Frequência de arraçoamento para alevinos de lambari do rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(1):21-26.
- Khan, S.; Hossain, M.S.; Haque, M.M. 2009. Effects of feeding schedule on growth, production and economics of pangasiid catfish (*Pangasius hypophthalmus*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) polyculture. *J. Bangladesh Agril. Univ.*, 7(1):175-181.
- 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.
- 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.

- Priestley, S.M.; Stevenson, A.E.; Alexander, L.G. 2006. The influence of feeding frequency on growth and body condition of the common Goldfish (*Carassius auratus*). *Journal of Nutrition*, 136:1979-1981.
- 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 de Producción Agrícola*, 1: 13-41.
- Riche, M.; Oetker, M.; Haley, D.I.; Smith, T.; Gfarling, D.L. 2004. Effect of feeding frequency in consumption, growth, and efficiency in juveniles tilapia (*Oreochromis niloticus*). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, 56(4):247-255.
- Ruohonen, K.; Vielma, J.; Grove, D.J. 1998. Effects of feeding frequency on growth and food utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low fat herring or dry pellets. *Aquaculture*, 165:111-121.
- Salinas, C. Y.; Agudelo, C. E.; Alonso, G.J.C.; Prieto, P. E. F.; Bonilla O. 2007. *Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. Leticia, Colombia. 70p.
- Sall, J.; Lehman, A.; Creighton, L. 2001. *JMP Start Statistics: A guide to statistics and data analysis using JMP and JMP IN software*. Duxbury Thomson Learning. Canada. 491p.
- Wang, N.; Hayward, R.S.; Noltie, D.B. 1998. Effect of feeding frequency on food consumption, growth, size variation, and feeding pattern of age-0 hybrid sunfish. *Aquaculture*, 165:261-267.
- Webster, C.D.; Thompson, K.R.; Morgan, A.M.; Grisby, E.J.; Dasgupta, S. 2001. Frequency feeding affects growth, not fillet composition, of juvenile Sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis* grown in cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(1):79-88.

EVALUACIÓN DEL TRIGO REGIONAL *Coix lacryma-jobi* (POACEAE) COMO INSUMO ALIMENTICIO PARA GAMITANA *Colossoma macropomum*

Prysila CASADO DEL CASTILLO^{1,2}, Luciano RODRÍGUEZ CHU¹, Fernando ALCÁNTARA BOCANEGRA^{1,2,3}, Fred CHU-KOO^{1,3}

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (AQUAREC). Carretera Iquitos – Nauta, Km. 4.5. Iquitos, Perú, E-mail: fchuk20@gmail.com
- 2 Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP
- 3 Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Docente de la Maestría Cátedra CONCYTEC en Acuicultura.

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en el Centro de Investigaciones de Quistococha (CIQ) con el objetivo de evaluar el crecimiento de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con tres dietas peletizadas isoproteicas (22% PB) e isocalóricas (2500 Kcal/Kg) conteniendo tres niveles de inclusión (T1 = 10%, T2 = 20%, T3 = 30%) de harina de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) y una dieta control (T0 = 0%) durante 135 días. Un total de 180 juveniles (23.8 g y 10 cm) fueron sembrados en doce estanques a una densidad de 1 pez/m². Los peces fueron alimentados tres veces al día, los siete días de la semana, a una tasa de alimentación de 5% durante los primeros 90 días y de 3% en los últimos 45 días de estudio. Quincenalmente se evaluó el crecimiento en peso para reajustar las raciones las dos semanas subsiguientes. La composición corporal de los peces fue determinada al inicio y al final del estudio. La calidad del agua fue monitoreada diariamente (oxígeno disuelto, temperatura y pH) y quincenalmente (transparencia, nitrito, amonio, alcalinidad, CO₂, dureza y cloruros). Al final del estudio, no se registró diferencias significativas (P>0.05) en ninguno de los parámetros de crecimiento e índices zootécnicos evaluados, registrándose un aumento significativo (P<0.05) en la composición corporal de proteína y grasa y una disminución en el contenido de cenizas de los peces en todos los tratamientos. La harina de trigo regional mostró ser un buen ingrediente alternativo para la alimentación de gamitana hasta una inclusión de 30% en formulaciones balanceadas.

PALABRAS CLAVE: gamitana, *Colossoma macropomum*, harina de trigo regional, *Coix lacryma-jobi*, alimentación, crecimiento.

EVALUATION OF JOB'S TEAR MEAL (*Coix lacryma-jobi*, POACEAE) AS FEEDSTUFF FOR BLACK-FINNED PACU (*Colossoma macropomum*)

ABSTRACT

The current study was carried out at the Quistococha Research Center (CIQ) of IIAP in order to assess the growth of juvenile Black-finned pacu (*Colossoma macropomum*) fed with three isoproteic (22% CP) and isocaloric (2500 Kcal/Kg) pelleted diets containing three levels of inclusion (T1 = 10%, T2 = 20%, T3 = 30%) of Job's tears meal (*Coix lacryma-jobi*) and a control diet (T0 = 0%) during 135 days. A total of 180 juvenile fish (23.8 g mean weight and 10 cm mean length) were stocked into twelve 50 m² ponds under a stocking rate of 1 fish/m². Fish were fed three times per day, everyday. Initial feeding rate was 5% during the first 90 days and it changed to 3% during the last 45 days. Growth was recorded biweekly to adjust daily rations for the next two weeks. Body composition of fish was determined in the beginning and the end of the study. Water quality was monitored daily (dissolved oxygen, temperature and pH) and biweekly (transparency, nitrite, ammonia, alkalinity, hardness, carbon dioxide and chloride). No statistical differences in growth and zootechnical indexes were recorded (P>0.05). A significant increase in body protein and lipid composition as well as a notorious decrease in ash content (P<0.05) were recorded in fishes from all dietary treatments at the end of the study. This work demonstrated that Job's tears meal is a good alternative ingredient for feeding Black-finned pacu and can be used up to levels of 30% in pelleted diets for this fish.

KEYWORDS: Black-finned pacu, *Colossoma macropomum*, Job's tears meal, *Coix lacryma-jobi*, feeding, growth

INTRODUCCIÓN

La piscicultura fue introducida a fines del siglo veinte en las comunidades indígenas Awajum y Wampis (Jíbaros), habitantes ancestrales de las cuencas del Marañón, Cenepa, Nieva, Domingusa y Santiago, en la provincia de Condorcanqui (región Amazonas), como una actividad destinada a asegurar el abastecimiento de proteína animal, con relativo éxito (Alcántara *et al.*, 2005). Uno de los principales problemas que limitaron el desarrollo de esta actividad fue la poca disponibilidad de alimentos de bajo costo para el engorde de los peces cultivados. Si a ese factor se suma lo complicado que es acceder hasta dichas comunidades y la extrema pobreza de sus pobladores, es fácil percibir que los piscicultores indígenas difícilmente tendrían condiciones de adquirir dietas comerciales disponibles en ciudades como Chiclayo o Tarapoto. Los nuevos piscicultores indígenas optaron entonces en utilizar restos de comida e insumos disponibles en sus propias chacras para alimentar a sus peces. El aprovechamiento de los recursos locales en la alimentación de los peces otorga algunas ventajas pues evita gastos asociados con la compra de insumos traídos desde la costa.

Entre los insumos locales identificados por Venero (2005) en la provincia de Condorcanqui tenemos a la soya regional, frijol caupí, harina de yuca, harina de plátano, maíz amarillo y a una especie de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*), que se cultivan de manera tradicional, siendo el último de los mencionados, una gramínea anual oriunda del sudeste asiático e introducida al Perú, rica en carbohidratos, energía, fibra y de fácil cultivo.

Debido a la propia biología alimentaria de los peces nativos (en su mayoría omnívoros) cuyo cultivo se ha expandido en la Amazonía, el empleo de subproductos agrícolas, frutos y semillas en la alimentación de estas especies, es una práctica común entre los piscicultores rurales (Araújo-Lima & Goulding, 1998; Alcántara & Colace, 2001). Incluso, algunos estudios preliminares sobre la utilización de este tipo de insumos en la elaboración de dietas balanceadas han dado buenos resultados principalmente en gamitana *Colossoma macropomum* y paco *Piaractus brachypomus* (Bances & Moya, 2001; Guimarães & Storti-Filho, 2004; Casanova & Chu-Koo, 2008; Lochmann *et al.*, 2009).

Considerando la importancia social que implica mejorar la seguridad alimentaria de la población indígena amazónica, y en este caso particular, de los Awajum y Wampis a través de actividades productivas de corto plazo; se desarrolló el presente trabajo con la finalidad de evaluar tres niveles de inclusión de la harina de trigo regional como insumo en la alimentación de la gamitana y medir sus efectos en el crecimiento, índices zootécnicos y la composición

corporal de ejemplares cultivados en estanques de tierra, a fin de reducir los costos de producción de peces en la provincia de Condorcanqui.

MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo se ejecutó en el Centro de Investigaciones Quistococha (CIQ) sede del Programa de Investigación para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos – AQUAREC del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, ubicado en el Km. 4.5 de la Carretera Iquitos - Nauta, Distrito de San Juan Bautista, Departamento de Loreto.

MATERIAL BIOLÓGICO

Se utilizaron 180 juveniles de la especie gamitana, *Colossoma macropomum* de 26.1 g. y 12.3 cm. de peso y longitud total promedio, respectivamente, provenientes de los estanques de alevinaje del CIQ.

CARACTERÍSTICAS DEL INSUMO UTILIZADO EN EL ESTUDIO

Se utilizó la harina de trigo regional, (*Coix lacryma-jobi*), elaborada en el área de molienda de la Planta de Producción de Alimentos Balanceados del CIQ, a partir de semillas secas enviadas desde la localidad de Santa María de Nieva, provincia de Condorcanqui (región Amazonas). El contenido nutricional de la harina fue: humedad 10.7%, ceniza 7.8%, grasa 3.5%, fibra 6.2%, proteína 9.8%, carbohidratos 62.0% y energía bruta de 3900 Kcal/Kg.

FORMULACIÓN DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Cuatro (4) dietas peletizadas isoproteicas (22% de PB) e isocalóricas (2500 Kcal/Kg.), conteniendo tres niveles de inclusión de harina de trigo regional (T1 = 10%, T2 = 20%, T3 = 30%) y una dieta control (T0 = 0%) fueron utilizadas como tratamientos (Tabla 1). Las dietas fueron formuladas en el software MIXIT 2®. Luego de formulada la ración, los ingredientes fueron pesados, mezclados, peletizados, secados, etiquetados y almacenados en la Planta de Producción de Alimentos Balanceados del IIAP

DISEÑO EXPERIMENTAL

El estudio fue desarrollado en 12 corrales de 15 m² (5 m de largo x 3 m. de ancho) cada uno, construidos dentro de tres estanques de tierra de 60 m² (10 m x 6 m). Previo a la siembra de los peces, los estanques fueron secados, desinfectados, fertilizados y llenados

según Guerra *et al.* (2006). Los tratamientos dietarios fueron distribuidos aleatoriamente y por triplicado en las 12 unidades experimentales disponibles. La densidad de siembra empleada fue de 1 pez/m² (15 peces por estanque). Los peces pasaron por un previo proceso de adaptación a las condiciones del medio de cultivo y a sus respectivas dietas por espacio de 15 días, mientras que la fase de cultivo duró 135 días.

Los peces fueron alimentados tres veces al día (8.30, 12.30 y 16.30 h), los siete días de la semana a una tasa de alimentación de 5% durante los primeros 90 días y de 3% en los últimos 45 días del estudio. Quincenalmente se evaluó el peso de los peces de cada unidad experimental para reajustar las raciones a ser administradas en las dos semanas subsiguientes. Previo a este proceso se dejó en ayuno a los peces un día antes del muestreo.

ÍNDICES ZOOTÉCNICOS EVALUADOS

Los índices zootécnicos evaluados en el presente estudio fueron los siguientes:

1. Índice de Conversión Alimenticia Aparente (ICAA):

$$\text{ICAA} = \text{Alimento ofrecido} / \text{Biomasa ganada}$$

2. Tasa de Crecimiento Específico (TCE):

$$\text{TCE (\%)} = 100 (\ln W_f - \ln W_i) / t$$

Donde: W_t = Peso final

W_i = Peso inicial

t = Tiempo del experimento

3. Supervivencia:

$$S = (N^\circ Pf / N^\circ Pi) * 100$$

Donde: N^o Pi = Número de peces inicio

N^o Pf = Número de peces al final

COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LOS PECES

Se realizó en el Laboratorio de Bromatología y Limnología del CIQ. Se determinaron los tenores de proteína bruta (PB), grasa (EE) y cenizas (MM) en 100 g de muestra seca de filete al inicio y al final del experimento provenientes de cada tratamiento. Los análisis siguieron las recomendaciones de la A.O.A.C (1998).

CALIDAD DE AGUA DE LOS ESTANQUES

Los niveles de oxígeno disuelto, temperatura y pH fueron registrados diariamente con un medidor multiparámetros modelo YSI MPS 556® (YSI Instrument Co., Ohio, USA). Los niveles de nitritos y amonio fueron registrados con un Kit AQ-2® (LaMotte Co., Maryland, USA), con rangos para acuicultura de aguas dulces. La transparencia del agua se midió con un disco Secchi.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos fueron analizados a través de análisis de varianza simple (One-way ANOVA), considerando que se cumplan previamente todas las presunciones básicas del ANOVA. Se aplicó la prueba de comparación de promedios de Tukey-Kramer ($\alpha=0.05$) cuando se encontró diferencias significativas en el ANOVA. Se utilizó el programa estadístico JMP IN® Versión 4.0.4. (SAS Institute, USA) como herramienta para el análisis. Los resultados de crecimiento e índices zootécnicos son mostrados como el promedio \pm error estándar de la media. Los datos expresados en porcentajes fueron transformados por el método del arcoseno previo a su análisis por ANOVA.

Tabla 1. Composición porcentual y proximal de la dieta control y las tres dietas experimentales con inclusión de la harina de trigo regional, utilizadas en la alimentación de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum*.

INSUMOS	DIETAS			
	T0	T1	T2	T3
Harina de yuca	10.8	10.8	10.2	8.6
Torta de soya	38.0	37.9	37.2	37.34
Aceite de palma	2.0	2.0	2.0	2.0
Maíz amarillo duro	47.7	37.8	29.1	20.6
Premix vitamínico - mineral	0.1	0.1	0.1	0.1
Sal común	0.4	0.4	0.4	0.4
Carbonato de calcio	1.0	1.0	1.0	1.0
Harina de Trigo Regional	0.0	10.0	20.0	30.0
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0
Humedad	11.5	10.9	10.2	9.5
Materia Seca	89.5	89.1	89.8	90.5
Proteína	22.0	22.0	22.0	22.0
Grasa	5.3	5.0	4.9	4.7
Fibra	2.3	3.0	2.9	4.7
Nifex (carbohidratos)	54.0	53.5	53.2	52.5
Ceniza	4.9	5.6	6.8	6.6
Energía digestible (Mcal/Kg)	2.5	2.5	2.5	2.5

RESULTADOS

Los valores de calidad de agua (temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno, nitritos, amonio y transparencia) y sus variaciones en cada uno de los tratamientos estuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo de gamitana (Tabla 2).

CRECIMIENTO DE LOS PECES

Al finalizar los 135 días de fase experimental, los peces no registraron diferencias significativas en su crecimiento según el ANOVA realizado (Tabla 3), es decir, no se encontró ningún efecto de los tratamientos

en el peso final ($P=0.8220$), ganancia de peso ($P=0.8064$) y ganancia de peso diario ($P=0.8064$). Del mismo modo, tampoco se registró diferencias significativas en los parámetros TCE, ICAA, K y sobrevivencia (Tabla 4).

COMPOSICIÓN CORPORAL DE LOS PECES

Al final del experimento, se registró un incremento significativo de los niveles de proteína y grasas en la composición corporal de los peces de todos los tratamientos, incluido el control, mientras que el contenido corporal de minerales decreció significativamente (Tabla 5).

Tabla 2. Calidad del agua (promedio \pm desviación estándar) registrada durante la fase de cultivo de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dietas conteniendo harina de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) durante 135 días..

PARÁMETROS EVALUADOS	(PROMEDIO \pm DESVIACIÓN ESTÁNDAR)		
	E1	E2	E3
Temperatura (°C)	28.9 \pm 1.8	29.5 \pm 1.7	29.5 \pm 1.6
Oxígeno disuelto (mg/l)	5.9 \pm 2.0	6.3 \pm 2.8	6.7 \pm 2.7
pH (upH)	6.7 \pm 0.4	6.7 \pm 0.2	6.8 \pm 0.4
Transparencia (cm)	76 \pm 15.9	64.1 \pm 11.3	62.6 \pm 13.1
Nitritos (ppm)	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Amonio (ppm)	0.4 \pm 0.3	0.4 \pm 0.3	0.4 \pm 0.3

Tabla 3. Índices de crecimiento (promedios \pm error estándar de la media) obtenidos en el cultivo de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión harina de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) durante 135 días.

VARIABLE	CONTROL	T1	T2	T3	P
PCI (g)	25.2 \pm 4.1	24.2 \pm 1.0	23.6 \pm 2.6	25.3 \pm 2.3	0.8344
PCF (g)	230.3 \pm 0.2	207.5 \pm 13.3	217.4 \pm 58.6	202.2 \pm 38.9	0.8220
GP (g)	205.1 \pm 28.6	183.3 \pm 13.5	193.9 \pm 57.5	176.9 \pm 36.7	0.8064
GPD (g)	1.5 \pm 0.2	1.4 \pm 0.1	1.4 \pm 0.4	1.3 \pm 0.3	0.8064
BG (Kg.)	3.1 \pm 0.4	2.8 \pm 0.2	2.9 \pm 0.9	2.5 \pm 0.5	0.6440

Leyenda:

Peso corporal inicial: PCI, Peso corporal final: PCF, Ganancia de peso: GP, Ganancia de peso diario: GPD, Biomasa ganada: BG.

Tabla 4. Índices zootécnicos (promedios \pm error estándar de la media) obtenidos en el cultivo de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión de harina de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) durante 135 días.

INDICE	T0	T1	T2	T3	P
TCE	1.6 \pm 0.1	1.6 \pm 0.1	1.6 \pm 0.2	1.5 \pm 0.1	0.6594
ICAA	1.7 \pm 0.3	1.8 \pm 0.1	1.8 \pm 0.2	1.9 \pm 0.2	0.8703
K	1.5 \pm 0.1	1.5 \pm 0.0	1.6 \pm 0.1	1.6 \pm 0.2	0.4828
S (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	-

Leyenda:

Tasa de Crecimiento Específico: TCE, Índice de Conversión Alimenticia Aparente: ICAA, Factor de Condición: K, Supervivencia: S%.

Tabla 5. Composición proximal (promedio \pm desviación estándar) de juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con dietas conteniendo tres niveles de inclusión de harina de trigo regional (*Coix lacryma-jobi*) durante 135 días. Resultados obtenidos en base a materia seca.

TRATAMIENTOS	COMPOSICIÓN CORPORAL (%)		
	PROTEINAS	GRASAS	CENIZAS
Inicio	59.8 \pm 0.6a	10.5 \pm 0.02a	12.8 \pm 0.2a
T0	66.2 \pm 0.7b	11.9 \pm 0.6b	10.2 \pm 0.6b
T1	63.3 \pm 0.9ab	11.2 \pm 0.1ab	10.1 \pm 0.1b
T2	66.3 \pm 1.1b	13.2 \pm 0.5c	9.6 \pm 0.3bc
T3	63.3 \pm 2.4ab	12.2 \pm 0.2cb	8.9 \pm 0.4c
Probabilidad	0.0007	0.0001	0.0001

DISCUSIÓN

El aceptable nivel de crecimiento expresado en las ganancias de peso obtenidas durante el presente experimento, indican que el insumo evaluado es una alternativa real de alimentación para la gamitana. Los tres niveles de inclusión empleados en la formulación de las dietas produjeron crecimientos gradualmente ascendentes y similares a la dieta control. Los índices de conversión alimenticia aparente (ICAA) registrados en el presente estudio se encuentran dentro del rango aceptable para gamitana y son similares a los reportados por Saint-Paul (1985) y Bechara *et al.* (2005) en la misma especie. Incluso, las ICAA obtenidas en el presente estudio fueron más eficientes que los reportados por Roubach & Saint-Paul (1994). Por su parte, las tasas de crecimiento específico (TCE) obtenidas en el presente estudio, fueron similares a los

reportadas por Rebaza *et al.* (2002), y Padilla (2000), en paco y gamitana, respectivamente.

Los resultados demuestran una vez más, que la gamitana no es una especie que demande altos porcentajes de proteína dietaria, datos que confirman lo reportado por Mérola & Cantelmo (1987), Saldaña & López (1998) y Chu-Koo & Kohler (2006). Estos autores verificaron que la gamitana solo necesita de dietas con tenores proteicos entre 17 a 30%, dependiendo de la calidad de la proteína y de las condiciones en que se realiza el cultivo. El tenor proteico máximo utilizado en las dietas del presente estudio fue de 22%, un valor intermedio al rango citado líneas arriba y que a pesar de no tener harina de pescado en su composición, produjo un crecimiento aceptable para el tiempo de cultivo empleado.

La introducción de insumos ricos en carbohidratos en dietas para peces amazónicos no es algo novedoso. Autores como Bances & Moya (2001) utilizaron una harina obtenida del almendro de la semilla del umarí (*Poraqueiba sericea*) en dietas balanceadas para alevinos de gamitana con interesantes resultados. Por su parte, Ayllón & Payahua (2003) y Mori-Pinedo (1999), demostraron que la harina del fruto del pijuayo (*Bactris gasipaes*), una palmera endémica de la Amazonía, tenía similar rendimiento que la harina de maíz (*Zea mays*) en el crecimiento de alevinos de paco y gamitana, respectivamente. Recientemente, otros autores utilizaron las harinas de pijuayo, yuca (*Manihot sculenta*), plátano (*Musa paradisiaca*), polvillo de malta de cebada y aguaje (*Mauritia flexuosa*) con excelentes resultados en la fase de pre-cría y engorde de gamitana en jaulas y sistemas de recirculación (Alcántara *et al.*, 2005; Chu-Koo & Kohler, 2006; Palacios *et al.*, 2006; Casanova & Chu-Koo, 2008; Lochmann *et al.*, 2009).

La utilización de dietas carentes de proteína animal en el presente estudio, nos revela que la gamitana no es enteramente dependiente de la harina de pescado. Este dato es de suma importancia porque permite la utilización de dietas sin harina de pescado y a base de insumos locales (subproductos de soya y frijón caupí, abundantes en la región Amazonas, como aportantes de proteína) en la piscicultura de subsistencia, especialmente en aquellas comunidades indígenas donde este cereal crece en abundancia. Sin embargo, se deben tener restricciones a esta última aseveración si lo que se pretende es conducir un cultivo intensivo donde la tasa de crecimiento y conversión alimenticia sean económica y comercialmente viables. La adición de harina de trigo regional no tuvo un efecto negativo en el crecimiento y la composición corporal de los peces, lo cual refuerza la potencialidad que tiene este vegetal en ser utilizado en la alimentación de la gamitana.

El incremento de grasa corporal reportado en el presente estudio fue también registrado por otros autores como Mori-Pinedo *et al.* (1999) y Soberón *et al.* (2007). Estas variaciones pueden atribuirse a los altos niveles de carbohidratos presentes en las dietas que luego de satisfacer las necesidades energéticas para el crecimiento y el metabolismo basal de los peces, fueron transformados en lípidos de reserva. Del mismo modo, el incremento de la proteína en la composición corporal de los peces posiblemente esté relacionado a una influencia de los tratamientos dietarios, tal como sugerido por Cantelmo & Souza (1987). El contenido de ceniza de un material biológico es el residuo resultante de la incineración de la muestra, cuya composición varía según la

naturaleza del material calcinado. Las cenizas no proporcionan en sí información sobre ningún nutriente específico (Salas *et al.*, 2009). En tal sentido, las diferencias encontradas entre el valor final con respecto al estado inicial puede atribuirse al progresivo crecimiento de los peces y al fortalecimiento gradual de sus estructuras óseas.

En resumen, la harina de trigo regional es un insumo que por su amplia disponibilidad, bajo precio, composición nutricional, y rendimiento productivo, puede ser empleado como insumo de las raciones alimenticias para gamitana, principalmente en los departamentos de Amazonas y Loreto, donde existen zonas habitadas principalmente las etnias Awajum, Wampis, Achuar, Quichua y Candoshi, abaratando los costos de producción de pescado.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alcántara, F. B.; Colace, M. 2001. Piscicultura. Seguridad alimentaria y desarrollo en la Carretera Iquitos – Nauta y el río Tigre. Valorando y preservando nuestros peces amazónicos. Editorial Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 83p.
- Alcántara, B. F.; Rodríguez, L. C.; Cuq, A. M.; Tello, M. S.; Del Castillo, D. 2005. Avances en el desarrollo de la Acuicultura en la Región Amazonas. Perú. IIAP. 61p.
- Araújo - Lima, C.A.R.M.; Goulding, M. 1998. Os frutos do tambaqui. Ecologia conservação e cultivo na amazonia. SCM/MCT-CNPq. Brasil. 186 pp.
- Ayllón, Z.; Payahua, J. 2003. Uso de la harina de pijuayo (*Bactris gasipaes* H.B.K. 1815), en la alimentación del paco (*Piaractus brachipomus*, Cuvier 1818), criado en ambientes controlados. Tesis para optar el título de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 63 p.
- Bances, K.C.; Moya, L.C. 2001. Sustitución de la harina de maíz (*Zea mays*) por la harina de almendro de umarí (*Poraqueiba sericea*) en raciones para alevinos de gamitana, *Colossoma macropomum* (Pisces, Serrasalmididae). Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 70 p.
- Bechara, J.; Roux, J.; Ruíz, F.; Flores, C.; Longoni, C. 2005. The effect of dietary protein level on pond water quality and feed utilization efficiency of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Aquaculture Research*, 36(6): 546 – 553.

- Cantelmo, A.; Souza, J. A. 1987. Influencia da alimentação em diferentes níveis proteicos para o desenvolvimento inicial do pacu *Colossoma mitrei*. In: Síntese de trabalhos realizados com espécies do genero *Colossoma*. Prometo Acuicultura. CPTA. Pirassununga.
- Casanova, F. R.; Chu-Koo, F. 2008. Evaluación del polvillo de malta de cebada, *Hordeum vulgare*, como insumo alimenticio para gamitana (*Colossoma macropomum*). *Folia Amazónica*, 17(1-2):15-22.
- Chu-Koo, F. W.; Kohler, C. C. 2006. Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana *Colossoma macropomum*. In: Renno, J. F.; García Dávila, C. R.; Duponchelle, F.; Núñez, J. (eds.). Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura. 184-191p.
- Guerra, F. H.; Saldaña, R. G.; Tello, M. S.; Alcántara, B. F. 2006. Cultivando peces amazónicos. Segunda Edición. IIAP.
- Guimarães, F. S.; Storti-Filho, A. 2004. Productos agrícolas e florestais como alimento suplementar do tambaqui em policultivo com jaraqui. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 39(3): 293-296.
- Lochmann, R.; Chen, R.; Chu-Koo, F. W.; Camargo, W.; Kohler, C. C. 2009. Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and non-specific immune response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(1): 33-44.
- Mérola, N.; Cantelmo, O. 1987. Growth, conversion and mortality of cage-reared tambaqui, *Colossoma macropomum*, fed various dietary feeding regimes and protein levels. *Aquaculture*, 66: 223-233.
- Mori-Pinedo, L.; Pereira-Filho, M.; Oliveira – Pereira, M. 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*). *Acta Amazónica*, 29 (3): 447 – 453.
- Padilla, P. P. 2000. Efecto del contenido proteico y energético de dietas en el crecimiento de alevinos de gamitana, *Colossoma macropomum*. *Folia Amazónica*, 10(1-2):81-90.
- Palacios, M. E.; Dabrowski, K.; Abiado, M. A. G.; Lee K.J.; Kohler, C.C. 2006. Effects of diets formulated with native Peruvian plants on growth and feeding efficiency of Red Pacu (*Piaractus brachypomus*) juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37:246–255.
- Rebaza, C.; Villafana, E.; Rebaza, M.; Deza, S. 2002. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus*. “paco” en segunda fase de alevinaje en estanques semi – naturales. *Folia Amazónica*, 13 (1-2): 122 – 134
- Roubach, R.; Saint - Paul, U. 1994. Use of fruits and seeds from Amazonian inundated forests in feeding rials with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Pisces, Characidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 10(1):134 – 140.
- Saint-Paul, U. 1985. The neotropical Serrasalmid *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in Amazonia. *Animal Research and Development*, 22(2):7 – 31.
- Salas, M. A.; Barriga, S. M.; Albrecht, R. M.; Chu-Koo, F.; Ortega, T. H. 2009. Información nutricional sobre algunos peces comerciales de la Amazonía peruana. *Boletín de Investigación del Instituto Tecnológico Pesquero del Perú*, 9:1-64.
- Saldaña, A.; López, M. 1998. Formulación y evaluación de dietas para *Colossoma macropomum* en México. Anales del VI Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Brasil. Florianópolis. SC. 323 – 334.
- Soberón, M. L. E.; Chu-Koo, F.; Alcántara, B. F. 2007. Parámetros hematológicos, crecimiento y composición corporal de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados bajo tres densidades de siembra. *Folia Amazónica*, 16(1-2): 35-45.
- Venero, A. P. 2005. Formulación y elaboración de dietas balanceadas para paco, gamitana y boquichico con insumos regionales para la seguridad alimentaria en las comunidades Aguarunas del Alto Marañón. Informe de Consultoría. Proyecto “Acuicultura para la Seguridad Alimentaria en Comunidades Aguarunas del Alto Marañón”. FAO. Lima-Perú. 42p.

PACO *Piaractus brachypomus* Y GAMITANA *Colossoma macropomum* CRIADOS EN POLICULTIVO CON EL BUJURQUI-TUCUNARÉ, *Chaetobranchus semifasciatus* (CICHLIDAE)

Jimmy TAFUR GONZALES^{1,2}, Fernando ALCÁNTARA BOCANEGRA^{1,2,3}, Marina DEL ÁGUILA PIZARRO^{2,3}, Rosana CUBAS GUERRA^{2,3}, Luis MORI-PINEDO^{2,3}, Fred CHU-KOO^{1,3}

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP. Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos - AQUAREC.
- 2 Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP.
- 3 Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Cátedra CONCYTEC. Docente de la Maestría en Acuicultura.

RESUMEN

Se evaluó el desempeño productivo de bujurqui-tucunaré *Chaetobranchus semifasciatus*, paco *Piaractus brachypomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados bajo el sistema de policultivo y alimentados con una dieta extrusada de 25% de proteína bruta durante 160 días. Un total de 900 peces (peso inicial de 6.5, 25.8 y 25.3 gramos para bujurqui-tucunaré, paco y gamitana, respectivamente) fueron asociados en tres policultivos (T1: bujurqui-tucunaré + paco, T2: bujurqui-tucunaré + gamitana y T3: bujurqui-tucunaré + paco + gamitana), distribuidos al azar dentro de nueve corrales de 100 m², a razón de 1 pez/m², densidad que se mantuvo hasta el final de estudio. La calidad del agua (transparencia, dióxido de carbono, alcalinidad, dureza, amonio, nitritos, temperatura, oxígeno disuelto y pH) fue monitoreada periódicamente. Los tres policultivos produjeron interesantes tasas de crecimiento específico (1.93, 1.75 y 1.75) y pesos promedio finales (153.5, 450.4 y 434 g) en bujurqui-tucunaré, paco y gamitana, respectivamente, aunque en términos generales no influyeron significativamente ($P>0.05$) en un mejor desempeño productivo o en la conversión alimenticia de las especies estudiadas. Esta es la primera experiencia de cultivo publicada del bujurqui-tucunaré, cuyos resultados serán importantes para la piscicultura familiar en comunidades rurales e indígenas de la Amazonía, puesto que el uso de este cíclido planctófago nativo es una alternativa viable a la ilegal introducción de variedades de tilapia en selva baja.

PALABRAS CLAVE: Policultivo, rendimiento productivo, bujurqui-tucunaré, gamitana, paco.

RED-BELLIED PACU *Piaractus brachypomus* AND BLACK-FINNED PACU *Colossoma macropomum* RAISED IN POLYCULTURE WITH BUJURQUI-TUCUNARÉ, *Chaetobranchus semifasciatus* (CICHLIDAE)

ABSTRACT

Yield performance of bujurqui-tucunaré *Chaetobranchus semifasciatus*, Red-bellied Pacu *Piaractus brachypomus* and Black-finned Pacu *Colossoma macropomum* raised under polyculture conditions and fed a 25% crude-protein extruded diet during 160 days was assessed. A total of 900 fish (initial weight of 6.5, 25.8 y 25.3 g for bujurqui-tucunaré, red-bellied and black-finned pacu, respectively) grouped in three polyculture systems (T1: bujurqui-tucunaré + red-bellied pacu, T2: bujurqui-tucunaré + black-finned pacu and T3: bujurqui-tucunaré + red-bellied pacu + black-finned pacu) were randomly placed into nine 100 m² pens, following a stocking density of 1 fish/ m², which was maintained until the end of the experiment. Water quality (transparency, carbon dioxide, alkalinity, hardness, ammonia, nitrite, temperature, dissolved oxygen and pH) was periodically monitored. All polycultures yielded interesting specific growth rates (1.93, 1.75, and 1.75) and mean final weight (153.5, 450.4, and 434 g), in bujurqui-tucunaré, red-bellied pacu, and black-finned pacu, respectively; however, in general terms they did not significantly influenced ($P>0.05$) on a better yield performance or feed conversion rate of the fish species evaluated. The current study is the first experience accurately published on bujurqui-tucunaré aquaculture whose outcomes will be important for family-based fish culture in rural and indigenous villages of the Peruvian Amazon, since using this native planctivore cichlid becomes in a viable alternative to the illegal introduction of several types of tilapia in lowland Amazonia.

KEYWORDS: Polyculture, yield performance, bujurqui-tucunaré, red-bellied pacu, and black-finned pacu.

INTRODUCCIÓN

La piscicultura es una actividad productiva importante y necesaria para asegurar en calidad y cantidad, el suministro de pescado para consumo humano directo en la región amazónica peruana (Chu-Koo & Alcántara, 2007). Según las estadísticas del Ministerio de la Producción, la cosecha de especies amazónicas provenientes de acuicultura se incrementó paulatinamente de 320 a 700 TM en los últimos cinco años (PRODUCE, 2009) y se estima que esta tendencia se mantenga en el próximo lustro. Paralelamente, la demanda de pescado por las poblaciones urbanas, rurales e indígenas de la Amazonía también se acrecentó, debido al rápido crecimiento poblacional, la escasez de pescado por efectos de la sobrepesca (García *et al.*, 2009) y la contaminación de los ecosistemas acuáticos amazónicos. En este escenario, se hace necesario expandir la piscicultura de especies nativas como una medida exitosa de mitigar la escasez de pescado y generar renta en la Amazonía.

Las ventajas de desarrollar la piscicultura con especies nativas van desde la mejor adaptación de estos peces al clima y a la calidad del agua de la región, hasta el hábito tradicional de consumo de la población (Atencio-García, 2001). Otra razón que explica el alto potencial de crecimiento de la piscicultura amazónica está basada en la identificación de nuevas especies para el cultivo.

Entre las especies oriundas del Perú, el paco (*Piaractus brachipomus*) y la gamitana (*Colossoma macropomum*) son las más importantes y cultivadas (Chu-Koo & Alcántara, 2007; Lochmann *et al.*, 2009). Ambas, son de hábitos omnívoros con tendencia a la frugivoría (Piedade *et al.*, 2006), nativas de la Amazonía (Saint-Paul, 1986), que han sido priorizadas para fines piscícolas en los países de la cuenca amazónica (Saint-Paul, 1984, 1985; Fernández *et al.*, 2004), debido a su baja exigencia nutricional (proteína dietaria entre 18 a 32% con alta asimilación de proteínas y lípidos de origen vegetal), rusticidad, buen crecimiento y rápida adaptación a varios tipos de alimentos y condiciones de cultivo (Deza *et al.*, 2002; Rebaza *et al.*, 2002; Ayllón & Payahua, 2003; Mesa-Granda & Botero-Aguirre, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2007), por lo que se recomiendan para la práctica de policultivo (Urbano *et al.*, 2009).

Por otro lado, el cíclido *Chaetobranchius semifasciatus*, denominado en el IIAP como bujurqui-tucunaré; es un pez amazónico endémico de la cuenca del Yavarí y constituye desde el 2005 un registro nuevo para el país (Sánchez, 2005). Puede alcanzar 30 cm de longitud y pesar hasta 500 g y representa una especie con alto potencial para cultivos extensivos o de seguridad alimentaria por tratarse de una especie

planctófaga, es decir, un organismo con bajo o nulo requerimiento de alimento balanceado (Sánchez, 2005; Ismiño *et al.*, 2006). Es justamente esta característica que lo convierte en una especie promisoría para su utilización en condiciones de policultivo junto a especies de diferente hábitos alimenticios, mayor porte y valor económico, las mismas que por su calidad y demanda serían destinadas para la comercialización al público consumidor, siendo el cíclido destinado para el consumo directo de los piscicultores y/o los trabajadores de las fincas.

El policultivo es el cultivo simultáneo de dos o más especies de peces, que posean diferentes características y hábitos alimenticios, de manera que aprovechen más eficientemente los diferentes estratos y recursos alimentarios del estanque (FONDEPES, 2007).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y los índices zootécnicos del bujurqui-tucunaré, el paco y la gamitana, criados bajo el sistema de policultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se ejecutó entre los meses de mayo a octubre de 2007 en el Centro de Investigaciones Quistococha (CIQ) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), que se encuentra localizado en el Km. 4.5 de la Carretera Iquitos – Nauta, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

PECES Y UNIDADES EXPERIMENTALES

Se utilizó un total de 900 peces provenientes de los estanques de alevinaje del CIQ (60 bujurqui-tucunaré, 420 pacos y 420 gamitanas). Los pesos iniciales de los peces empleados en el estudio fueron de 6.5, 25.8 y 25.3 gramos para bujurqui-tucunaré, paco y gamitana, respectivamente.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizaron tres policultivos como tratamientos experimentales (T1= bujurqui-tucunaré + paco, T2 = bujurqui-tucunaré + gamitana y T3 = bujurqui-tucunaré + paco + gamitana). Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente por triplicado en nueve corrales de 100 m² (10 m x 10 m) construidos dentro de un estanque de 1000 m². La densidad de cultivo fue 1 pez/m², siguiendo la distribución mostrada en la Tabla 1.

ALIMENTACIÓN DE LOS PECES

Los peces fueron alimentados con una dieta extrusada con un tenor de 25% de proteína bruta y 2600 Kcal/Kg de energía digestible formulada y fabricada en la Planta de Producción de Alimentos Balanceados del IIAP. La tasa de alimentación empleada fue del 5% de la biomasa total de cada unidad experimental para el primer mes y 3% desde el segundo mes hasta el final del cultivo (160 días), con una frecuencia de alimentación de tres veces al día (08:00, 12:00 y 16:00 h) los siete días de la semana. Quincenalmente se evaluó el peso del 25% de la población de cada unidad experimental para evaluar el crecimiento y reajustar las raciones para las dos semanas subsecuentes.

ÍNDICES ZOOTÉCNICOS

Los índices zootécnicos evaluados fueron:

- Índice de Conversión Alimenticia Aparente (ICAA)* = Total de alimento suministrado / Total de biomasa ganada
- Ganancia de Peso Diario (GPD)* = Ganancia de peso promedio / Duración del experimento
- Tasa de Crecimiento Específico (TCE)* = \ln Peso promedio final – \ln Peso promedio inicial / Tiempo * 100

- Factor de Condición (K)* = Peso promedio final / Longitud promedio final³ * 100
- Sobrevivencia (S)* = Número de peces vivos al final / Número de peces vivos al inicio * 100

CALIDAD DEL AGUA

Se realizaron monitoreos diarios (08:00 y 16:00 h) de los niveles de temperatura del agua, oxígeno disuelto y pH con un medidor multiparámetros YSI MPS 556® (YSI Instrument Co., Ohio, USA) y monitoreos quincenales de amonio, nitritos, dureza, alcalinidad y CO₂ con un Kit de Aguas Dulces AQ-2 (LaMotte Co., Maryland, USA). La transparencia del agua se midió con un disco Secchi.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico JMP IN versión 4.0.4, a través de análisis de varianza simple (alpha = 0.05), cuidando que se cumplan previamente todos los supuestos del ANOVA.

Tabla 1. Esquema de asociación de los ejemplares de bujurqui-tucunaré (*Chaetobranchus semifasciatus*), paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) criados en policultivo durante 160 días en el Centro de Investigaciones Quistococha del IIAP.

ESPECIE	TRATAMIENTOS (POLICULTIVOS)		
	T1 BUJ + PAC	T2 BUJ + GAM	T3 BUJ + PACO + GAM
Bujurqui - tucunaré	5 ind.	5 ind.	10 ind.
Paco	95 ind.	----	45 ind.
Gamitana	-----	95 ind.	45 ind.

RESULTADOS

CALIDAD DE AGUA

Los valores limnológicos registrados en las unidades de cultivo durante la ejecución del estudio fueron los siguientes: $29.7 \pm 0.9^\circ\text{C}$ de temperatura del agua 5.8 ± 0.7 mg/L de oxígeno disuelto, 6.2 ± 0.2 de pH, 4.9 ± 1.2 mg/L de CO_2 , 17.1 ± 1.1 mg/L de alcalinidad y 21.7 ± 1.8 mg/L de dureza total. La transparencia fue de 32.0 ± 2.3 cm, el amonio siempre se mantuvo por debajo de 0.2 mg/L y los nitritos estuvieron siempre inferiores a 0.05 mg/L. En líneas generales, todos los parámetros evaluados se mantuvieron dentro de los rangos considerados normales para el cultivo de especies amazónicas (Argumedo & Rojas, 2000).

CRECIMIENTO DE LOS PECES

Según los análisis de varianza realizados, ningún policultivo influyó decisivamente en el rendimiento productivo o en la utilización del alimento de las especies en estudio ($P > 0.05$). En tal sentido, el peso promedio final, la ganancia de peso, la ganancia de peso diario, la tasa de crecimiento específico y el factor de condición de las tres especies de peces no mostraron diferencias significativas al término del estudio ($P > 0.05$, Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Índices zootécnicos (promedio \pm D.S.) de bujurqui-tucunaré *Chaetobranchius semifasciatus* criado en policultivo con paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) durante 160 días.

ÍNDICES ZOOTÉCNICOS	T1 (BUJ + PAC)	T2 (BUJ + GAM)	T3 (BUJ + PACO + GAM)
Peso Promedio Inicial (g)	6.6 ± 0.1	6.4 ± 0.5	6.3 ± 0.3
Peso Promedio Final (g)	153.7 ± 16.6	164.0 ± 19.3	142.9 ± 15.1
Ganancia de Peso (g)	147.1 ± 16.6	157.6 ± 18.9	136.5 ± 15.0
Ganancia de Peso Diario (g)	0.9 ± 0.1	1.0 ± 0.1	0.8 ± 0.1
Factor de Condición	1.8 ± 0.2	1.9 ± 0.03	1.9 ± 0.02
Tasa de Crecim. Específico	1.9 ± 0.1	2.0 ± 0.1	1.9 ± 0.1
Producción (kg/Ha/año)	153.7	164.0	285.8
Sobrevivencia (%)	100	100	100

Tabla 3. Índices zootécnicos (promedio \pm D.S.) de paco (*Piaractus brachipomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) criados bajo el sistema de policultivo con el bujurqui-tucunará (*Chaetobranchius semifasciatus*) durante 160 días.

ÍNDICES ZOOTÉCNICOS	PACO			ÍNDICES ZOOTÉCNICOS	GAMITANA		
	T1	T3	P		T2	T3	P
Peso Inicial (g)	26.2 \pm 4.5	25.6 \pm 5.7	0.8984	Peso Inicial (g)	24.0 \pm 2.3	26.6 \pm 1.2	0.1567
Peso Final (g)	475.9 \pm 33.0	425.0 \pm 49.2	0.2108	Peso Final (g)	430.3 \pm 56.0	437.6 \pm 103.0	0.9194
Ganancia de Peso (g)	449.7 \pm 33.2	399.4 \pm 52.5	0.2332	Ganancia de Peso (g)	406.3 \pm 57.0	411.1 \pm 10.3	0.9477
ICAA (g)	1.05 \pm 0.08	1.13 \pm 0.07	0.2654	ICAA (g)	1.17 \pm 0.04	1.20 \pm 0.08	0.6104
Ganancia de Peso Diario (g/día)	2.8 \pm 0.2	2.5 \pm 0.3	0.2401	Ganancia de Peso Diario (g/día)	2.5 \pm 0.4	2.5 \pm 0.6	0.9465
Factor de Condición	2.06 \pm 0.10	1.99 \pm 0.11	0.4804	Factor de Condición	1.88 \pm 0.04	1.86 \pm 0.03	0.5391
Tasa de Crecimiento Específico	1.8 \pm 0.1	1.7 \pm 0.2	0.7084	Tasa de Crecimiento Específico	1.8 \pm 0.1	1.7 \pm 0.2	0.5893
Producción (kg/Ha/año)	9042.1	3825	0.2332	Producción (kg/Ha/año)	8175.7	3984.4	0.9477
Sobrevivencia (%)	100	100	100	Sobrevivencia (%)	100	100	100

DISCUSIÓN

CRECIMIENTO DE LOS PECES

Los tres policultivos evaluados, produjeron interesantes tasas de crecimiento específico (1.93, 1.75 y 1.75) y pesos promedio finales (153.5, 450.4 y 434 g) en bujurqui-tucunaré, paco y gamitana, respectivamente. Posiblemente estos resultados no sean muy impactantes en el caso del paco y la gamitana, cuya fácil adaptación a diversas condiciones de cultivo, fuentes alimenticias y buen rendimiento productivo son ampliamente conocidas (Ponte *et al.*, 1992; Ascón *et al.*, 2003); sin embargo, en el caso del bujurqui-tucunaré, una especie totalmente nueva para la piscicultura, el presente estudio comprueba la factibilidad técnica de su crianza en asociación con peces omnívoros, obteniéndose en el lapso de poco más de cinco meses de cultivo, ejemplares que promediaban los 153.5 gramos de peso a partir de alevinos de apenas 6.5 gramos, un crecimiento inmensamente superior a los resultados reportados por Mori (1993) en el bujurqui vaso *Chaetobranchius flavescens*, una especie amazónica cercana, criada durante nueve meses en el Centro Experimental del IIAP en Jenaro Herrera, la que solo alcanzó como máximo 12.9 g de peso promedio final con alimento balanceado.

Si analizamos el crecimiento de las tres especies en términos de productividad por hectárea de espejo de agua, incluyendo también el tiempo que tomaría cosechar los peces, vaciar, desinfectar, fertilizar y volver a llenar el estanque para una segunda siembra, se llega a la conclusión básica de que se podría realizar dos cosechas por año y alcanzar niveles de producción de pescado de 9.2, 8.3 y 8.0 ton/ha/año para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente.

Nuestros resultados confirman el buen desempeño productivo del paco y la gamitana en condiciones de policultivo, algo que también fue reportado por Ascón *et al.* (2003), quienes al ejecutar un policultivo de gamitana y boquichico (pesos iniciales de 20.2 g), obtuvieron pesos finales de 674.8, 672.5 y 653.33 g, en gamitanas alimentadas con dietas de contenido proteico de 20, 22 y 25%, respectivamente, en 12 meses de cultivo. Por su parte, Ponte *et al.* (1992) en un policultivo de gamitana, carpa común y tilapia nilótica asociada a patos; obtuvo pesos medios finales de 633.3, 430 y 246 gramos en gamitana, carpa y tilapia, respectivamente a partir de alevinos de 12, 7 y 23 gramos en 6 meses de cultivo. Varios autores han reportado que el paco y la gamitana alcanzan normalmente entre los 300 y 600 g entre los 4 a 6 meses de cultivo (Teichert-Coddington *et al.*, 1996; Campos-Baca & Kohler, 2005; Lochmann *et al.*, 2009). En ese sentido el peso promedio alcanzado en la

presente investigación se encuentra dentro de lo esperado en el cultivo de estas especies.

Los excelentes índices de conversión alimenticia aparente registrados en paco y gamitana (1.09 y 1.18, respectivamente), indican la fácil y rápida adaptación de estas dos especies al tipo de alimento. Asimismo, es un indicador de la alta calidad de la dieta utilizada, aunque no debemos descartar, la influencia de otras fuentes alimenticias autóctonas como el zooplancton del propio estanque, puesto que la gamitana y el paco, tienen capacidad para aprovechar estos organismos de alto valor nutricional. Los ICAA reportados en el presente estudio son similares a los reportados por Gutiérrez *et al.*, 2007; Rebaza *et al.*, 2008), e incluso más eficientes que los registrados por otros autores en estudios de alevinaje y engorde de paco y gamitana (Gomes *et al.*, 2006; Chagas *et al.*, 2007; Soberón *et al.*, 2007; Casanova & Chu-Koo, 2008; Lochmann *et al.*, 2009). Por otro lado, no se registró mortalidad durante el periodo de estudio, lo que demuestra la rusticidad de las especies utilizadas y que en el caso de gamitana y paco fueron reportados en la literatura (Rebaza *et al.*, 2002; Chagas & Val, 2003; Chuquipiondo & Galdós, 2005).

Considerando el peso promedio final alcanzado por el bujurqui-tucunaré, se podría inferir que un monocultivo de esta especie podría resultar en dos cosechas por año, con rendimientos de hasta 3070 kg/ha/año (incrementando la actual densidad de 0.05 a 1 bujurqui-tucunaré/m²), con la ventaja de no utilizar alimentos balanceados y manejando la alimentación de los peces solo con prácticas periódicas de fertilización de las aguas del estanque con estiércol de aves, cerdos y/o hierba seca para mantener una producción constante de plancton en el ambiente acuático. Estudios adicionales deberían ser realizados para mejorar, validar o en todo caso desechar esta hipótesis puesto que el mantenimiento de la productividad planctónica es un punto crítico para el sustento de una creciente biomasa de peces. Adicionalmente, existen evidencias de que ciertas especies crecen mejor cuando están asociadas a otros peces, de los cuales aprovechan las sobras de alimentos y las excretas para su alimentación (Urbano *et al.*, 2009; CCI, 2010). Uno de estos estudios fue realizado en Venezuela y reportó que el coporo (*Prochilodus mariae*) criado en policultivo a la densidad de 1 pez/m² junto a la gamitana, alcanza hasta 242 g de peso en seis meses, mientras que en monocultivo solo llega a pesar 102 g (Urbano *et al.*, 2009).

El presente trabajo abre nuevas posibilidades para la práctica de la piscicultura familiar y/o de seguridad alimentaria en comunidades rurales e indígenas de la Amazonía, puesto que el uso de este ciclo

planctófago nativo se convierte en una alternativa técnica y ecológicamente viable a la introducción de las variedades modificadas de tilapia africana, un ciclido exótico conocido por su alta capacidad de colonizar nuevos ambientes y desplazar a las especies nativas. Cabe destacar que el presente estudio es la primera experiencia de cultivo debidamente reportada para el bujurqui-tucunará.

CONCLUSIONES

Los policultivos evaluados produjeron un crecimiento homogéneo, ninguna mortalidad e interesantes tasas de crecimiento específico y conversión alimenticia aparente en las especies estudiadas, aunque en términos generales no influyeron significativamente en un mejor desempeño productivo o conversión alimenticia de las especies estudiadas. El presente estudio es la primera experiencia de cultivo publicada del bujurqui-tucunará, cuyos resultados abren la posibilidad del uso de este ciclido planctófago nativo como una alternativa viable a la introducción de variedades modificadas de tilapia africana en selva baja. Por el nivel de crecimiento y el tipo de requerimiento alimenticio, el mayor potencial de uso de esta especie estaría enfocado a la práctica de la piscicultura familiar o de seguridad alimentaria en comunidades rurales e indígenas de la Amazonía.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Argumedo, T. E. G.; Rojas, D. H. M. 2000. Manual de piscicultura con especies nativas. Asociación de Acuicultores del Caquetá - ACUICA. Bogotá, Colombia. 151p.
- Ascón, G.; Guerra, H.; Iberico, L. 2003. Policultivo de gamitana, *Colossoma macropomum* más boquichico, *Prochilodus nigricans* durante 24 meses, en tres fases consecutivas de cultivo. Reporte Técnico. Programa de Ecosistemas Acuáticos, IIAP. 16p.
- Atencio-García, V. 2001. Producción de alevinos de especies nativas. *MVZ Córdova*, 6(1):9-14
- Ayllón, Z.; Payahua, J. 2003. Uso de la harina de pijuayo (*Bactris gasipaes* H.B.K. 1815), en la alimentación del paco (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818), criado en ambientes controlados. Tesis para optar el título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos-Perú. 63p.
- Campos-Baca, L.; Kohler, C. 2005. Aquaculture of *Colossoma macropomum* and related species in Latin America. *American Fisheries Society Symposium*, 46:451-561.
- Casanova F. R.; Chu-Koo, F. 2008. Evaluación del polvillo de malta de cebada, *Hordeum vulgare*, como insumo alimenticio para gamitana (*Colossoma macropomum*). *Folia Amazónica*, 17(1-2):15-22.
- Chagas, E.C.; Val, A.L. 2003. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(3):397-402.
- Chagas, E. C.; Gomes, L. C.; Martins J. H.; Roubach, R. 2007. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. *Ciencia Rural*, 37(4):1109-1115.
- Chagas, E. C.; Gomes, L. C.; Martins J. H.; Roubach, R. 2007. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. *Ciencia Rural*, 37(4):1109-1115.
- Chu-Koo, F. W.; Alcántara, F. 2007. De la selva su acuicultura. Sobre los avances en acuicultura en la Amazonía peruana y las oportunidades de inversión. *Perú Económico*, 30(1):11-12.
- Chuquipiondo, J. M. L.; Galdos, R. A. P. 2005. Influencia de la harina de plátano, *Musa paradisiaca* L. en el crecimiento de alevinos de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 78p.
- Deza, S.; Quiroz, S.; Rebaza, M.; Rebaza, C. 2002. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) "paco" en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amazónica*, 13 (1-2):49-64.
- Fernandes, J. B. K.; Lochmann, R.; Alcántara, F. B. 2004. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for pacu *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 35:237-244.
- FONDEPES. 2007. Guía Técnica: Policultivo de peces tropicales en la Amazonía. 2da. Edición. Lima, Perú. 37p.
- García, A.; Tello, S.; Vargas, G.; Duponchelle, F. 2009. Patterns of commercial fish landings in the Loreto region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35:53-67.
- Gomes, L. C.; Chagas, E. C.; Martins-Junior, H.; Roubach, R.; Ono, E. A.; Lourenço, J. N. P. 2006. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture*, 253(1-4):374-384.
- Gutiérrez, F. W.; Quispe, M.; Valenzuela, L.; Contreras, G.; Zaldívar, J. 2007. Utilización de la proteína dietaria por alevinos de gamitana *Colossoma macropomum* Cuvier 1818, alimentados con dietas isocalóricas. *Folia Amazónica*, 16(1-2):47-53.

- Ismiño, R.; Sánchez, H.; García, A.; Chávez, C.; Chu-Koo F. W. 2006. Análisis del contenido estomacal del bujurqui - tucunaré *Chaetobranchus semifasciatus* cultivados en estanques piscícolas de la Amazonía Peruana. 2do. Congreso Nacional de Acuicultura. La Molina, Lima.
- Lochmann, R.; Chen, R.; Chu-Koo, F. W.; Camargo, W.; Kohler, C. C. 2009. Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and non-specific immune response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40(1): 33-44.
- Mesa-Granda, M. N.; Botero-Aguirre, M. C. 2007. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(1): 79-86.
- Mori, P. L. A. 1993. Estudio de la crianza en cautiverio del bujurqui vaso *Chaetobranchus flavescens* (Heckel, 1840), (Pisces, Cichlidae) alimentado con dos tipos de dietas en Jenaro Herrera – Provincia de Requena, Región Loreto. Tesis para Optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana – UNAP. Iquitos, Perú. 74p.
- Piedade, M. T. F.; Parolin, P.; Junk, W. G. 2006. Phenology, fruit production and seed dispersal of *Astrocaryum jauari* (Arecaceae) in Amazonian black water floodplains. *International Journal of Tropical Biology*, 54(4):1171-1178.
- Ponte, F.C.A.; Silva, J.; Carneiro, S.A.; Bezerra, A. 1992. Resultados de um ensaio de policultivo de tambaqui, *Colossoma macropomum*. Cuvier, 1818: carpa espelho, *Cyprinus carpio* L., 1785 vr. *specularis*, e macho da tilapia do Nilo, *Oreochromis niloticus* L., 1766, consorciado com marreco de pequin, *Anas platyrinchus*. *Ciência Agronômica*, 23(1-2): 93-102.
- PRODUCE. 2009. Perú: Cosecha de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura por ámbito según especie 2000-2008. Anuario Estadístico 2008. Lima, Perú. p118.
- Rebaza, C.; Villafana, E.; Rebaza, M.; Deza, S. 2002. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus*. “paco” en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales. *Folia Amazónica*, 13 (1-2): 122 – 134.
- Rebaza, C.; Valdivieso, M.; Rebaza, M.; Chu-Koo, F. 2008. Análisis económico del cultivo de gamitana *Colossoma macropomum* y paco *Piaractus brachypomus* usando una dieta extrusada comercial en Ucayali. *Folia Amazónica*, 17(1-2):7-14.
- Saint-Paul, U. 1984. Ecological and physiological investigations on *Colossoma macropomum*, a new specie for fish culture in Amazonas. *Memorias de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura*, 5(3):501-518.
- Saint-Paul, U. 1985. The neotropical Serrasalmid *Colossoma macropomum*, a promising species for fish culture in Amazonia. *Animal Research and Development*, 22(2):7–31.
- Saint-Paul, U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes: a review. *Aquaculture*, 54: 205-240
- Sánchez, H. 2005. *Presencia de Chaetobranchus semifasciatus Steindachner, 1875 (Cichlidae), en la cuenca del río Yavarí (Loreto-Perú)*. *Folia Amazónica*, 15(2):105-108.
- Soberón, M. L. E.; Chu-Koo, F.; Alcántara, B. F. 2007. Parámetros hematológicos, crecimiento y composición corporal de juveniles de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados bajo tres densidades de siembra. *Folia Amazónica*, 16(1-2): 35-45.
- Teichert-Coddington, D. R. 1996. Effect of stocking ratio on semi-intensive polyculture of *Colossoma macropomum* and *Oreochromis niloticus* in Honduras, Central America. *Aquaculture*, 143 (3-4): 291-302
- Urbano, T.C.; Moreno, C.; Silva, A.; Santaimé, R. 2009. Engorde de coporo en lagunas de tierra, en el estado Delta Amacuro. *Boletín INIA Divulga*, 12(1):7-10.

NORMAS EDITORIALES PARA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN LA REVISTA FOLIA AMAZÓNICA

Folia Amazónica es la revista científica oficial del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana y tiene como objetivo publicar artículos originales escritos en español, portugués e inglés, resultantes de investigaciones preferentemente relacionadas con la biodiversidad, agua y recursos acuáticos, manejo de bosques y servicios ambientales, ordenamiento territorial, cambio climático, cultura, comunicación y economía amazónica.

La presentación de manuscritos se realiza sólo vía e-mail a la dirección electrónica: folia.amazonica@iiap.org.pe

Los autores están obligados a verificar el cumplimiento de las normas editoriales antes de someter sus manuscritos a Folia Amazónica. Los artículos que no cumplan con las normas serán devueltos a los autores, sin evaluación, para su adecuación.

NORMAS

El texto, tablas y figuras deben enviarse en un solo archivo electrónico, escrito en Microsoft Word y grabado con la extensión .RTF o .DOC, teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- En la primera página se debe consignar el título del trabajo (en español e inglés), los autores (nombres y apellidos), institución(es) donde laboran los autores, con la dirección completa y e-mail del(os) autor(es) para correspondencia.
- La extensión máxima del trabajo será de 26 páginas incluyendo la bibliografía citada, tablas, figuras y leyendas.
- Todo manuscrito enviado merecerá un acuse inmediato de recibo del Comité Editorial. En el caso de contribuciones firmadas por varios autores, la correspondencia necesaria durante el proceso editorial se establecerá vía e-mail con el primer autor, salvo indicación contraria, indicada en el manuscrito.
- Los manuscritos que cumplan con las normas de la revista, serán dirigidas al Comité Editorial para el análisis preliminar del manuscrito. En esta etapa, los trabajos considerados fuera de la óptica de la revista, de poca relevancia científica o que no alcancen un mínimo de calidad serán rechazados. Los manuscritos seleccionados serán encaminados a dos revisores científicos de reconocida competencia en la temática abordada.
- Un manuscrito será considerado “Aceptado para Publicación” cuando obtenga la opinión positiva de los dos evaluadores. En caso de empate o desacuerdo, el manuscrito será enviado a un tercer evaluador. La aprobación de los trabajos estará basada en el contenido científico y en la presentación adecuada a las normas de la revista.
- Los manuscritos que necesiten correcciones, retornarán a los autores. El trabajo corregido debe ser devuelto al Comité Editorial en un plazo no mayor de dos (2) semanas, indicando las modificaciones realizadas, o en todo caso exponiendo las razones para no incorporar los cambios que se consideren inaceptables. En este caso, la respuesta de los autores debe ser realizada en una carta detallada y enviada vía electrónica.

- La secuencia del manuscrito debe tener el siguiente orden: Título, Resumen, Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión (o Resultados y Discusión), Conclusiones (opcional), Agradecimientos (opcional) y Bibliografía Citada. Las notas científicas deben ser escritas en secuencia única, sin separar tópicos, pero deben contener: Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión; es aceptable un máximo de dos figuras y dos tablas.

FORMATO Y ESTILO

Los manuscritos serán escritos en hoja tamaño A4, con letra Times New Roman 12 y a doble espacio, con márgenes de 3 cm. Las páginas deben ser numeradas. Las tablas y figuras deben ser insertadas al final del texto, en ese orden.

- a) **Título.** Centrado, primera letra de la oración con mayúscula.
- b) **Resumen.** Con un máximo de 250 palabras, conteniendo de forma sucinta, los objetivos de la investigación, los métodos analíticos o de observación, los principales descubrimientos o resultados y las principales conclusiones, enfatizando aspectos importantes del estudio u observaciones. El nombre científico de una especie y términos en latín serán presentados en cursivas. En el caso de manuscritos redactados en español o portugués, incluir un abstract en inglés. Deben ser proporcionados de tres a cinco términos como palabras clave al final del resumen.
- c) **Introducción.** Debe enfatizar la finalidad del estudio y proporcionar un breve resumen, de los estudios anteriores relevantes, además de especificar el (los) objetivo(s) que se pretende(n) alcanzar mediante la investigación. NO debe incluir los datos o conclusiones del trabajo en referencia.
- d) **Material y Métodos.** Debe contener, de forma resumida y clara, suficiente información para explicar los procedimientos realizados y permitir que el estudio sea replicable por otros investigadores. Técnicas estandarizadas bastan ser referenciadas. Las unidades de medida y sus abreviaciones seguirán el Sistema Internacional y, cuando necesario, debe constar una lista con las abreviaciones utilizadas. Material testigo (voucher) debe ser depositado en una o más de una colección científica e informada en el manuscrito. Aspectos Legales y Éticos: Al describir experimentos relacionados a temas humanos, indicar el Comité de Ética en el cual el trabajo fue aprobado (Ministerio de Salud) y el número del protocolo de aprobación. Trabajos cuya naturaleza exijan otros permisos específicos de carácter ético o legal (SERNANP, etc.) deben especificar el número de registro de la autorización, fecha de publicación o el número del protocolo.
- e) **Resultados.** Deben indicar una descripción concisa sobre las informaciones descubiertas, con el mínimo juzgamiento personal. No repetir en el texto todos los datos contenidos en las Tablas y Figuras. Los números deben estar separados de las unidades (por ejemplo, 60 °C o 10 mg), excepto para expresar porcentajes (por ejemplo, 5%). Utilizar unidades y símbolos del sistema internacional y preferentemente simbología exponencial (por ejemplo: cmol kg^{-1} en lugar de $\text{meq}/100 \text{ g}$). Los decimales deben ser separados con punto y no por coma (por ejemplo: 23.5).

- f) **Discusión.** Debe limitarse al significado de los resultados y relacionarlos a las informaciones existentes, preferencialmente, más recientes. Solamente citas indispensables deben ser incluidas. A criterio de los autores las secciones de Resultados y Discusión pueden ser presentadas en conjunto.
- g) **Conclusiones** (Tópico opcional). Los resultados alcanzados en el estudio pueden ser enfatizados separadamente en este tópico o estar implícitos en la discusión.
- h) **Agradecimientos** (Tópico opcional). Deben ser breves e concisos.
- i) **Bibliografía Citada.** Serán presentadas al final del texto en secuencia alfabética y deben restringirse a las citas que aparecen en el texto. En esta sección, los nombres de las revistas deben ser citados por extenso.

Vea los siguientes ejemplos:

Artículos científicos:

- Montoya-Burgos, J.I. 2003. Historical biogeography of the catfish genus *Hypostomus* (Siluriforms: Loricariidae), with implications on the diversification of Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, 12: 1855–1867.
- Albert, J.S.; Lovejoy, N.R.; Crampton, W.G.R. 2006. Miocene tectonism and the separation of cis- and trans-andean river basins: evidence from Neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21: 14–27.

Tesis:

- Velazco, E. 2004. *Estabilidad del ácido ascórbico en productos elaborados de camu camu (Myrciaria dubia H.B.K. Mc Vaugh)*. Tesis de pre-grado. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Perú. 65pp.

Libros:

- González, A. 2007. *Frutales nativos amazónicos: patrimonio alimenticio de la humanidad*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 76pp.
- Alcántara, F.; Wust, W.H.; Tello, S.; Rebaza, M.; Del Castillo, D. 2006. *Paiche el gigante del Amazonas*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 69pp.

Capítulos de libros:

- Rebaza, M.; Rebaza, C.; Deza, S. 2006. Avances en el cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, en jaulas flotantes en el Lago Imiría, Perú. In: Renno, J. F.; García-Dávila, C.; Duponchelle, F.; Núñez, J. (Eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 169-172.

Trabajos presentados en congresos o simposios:

Baras, E.; Montalván, N.G.V.; Silva, D.D.J.; Chu-Koo, F.; Dugue, R.; Duponchelle, F.; Renno, J-F.; Legendre, M.; Núñez, J. 2009. Ontogenetic variations of food intake and gut evacuation rate in cultured larvae of doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum*. Libro de Resúmenes de la 2da. Conferencia Latinoamericana sobre el Cultivo de Peces Nativos. p.52. Chascomús, Argentina.

Citaciones de revistas electrónicas:

Mujica, P.; Mesa, G. 1997. Impacto ambiental del tratamiento de residuos sólidos en Mocoreta. (www.ilustrados.com/publicaciones/EEEyyAAEFzqmCCYNJ). Acceso: 19/05/2009.

Citaciones en el texto:

En el texto del manuscrito, la citación de las referencias bibliográficas seguirá el orden de autores y fechas, obedeciendo al siguiente modelo:

- Un autor: Delgado (1994) o (Delgado, 1994).
- Dos autores: Castro & Dávila (2005) o (Castro & Dávila 2005).
- Tres o más autores: Zegarra *et al.* (2001) o (Zegarra *et al.*, 2001).
- Cuando exista más de una referencia en un mismo párrafo, citar en orden cronológico y alfabético, separados por punto y coma. Por ejemplo: Castro *et al.* (1991); Ferreira *et al.* (2001) ó (Fonseca *et al.*, 1991; Ferreira *et al.*, 2001).

FIGURAS

- Fotografías, ilustraciones y gráficos deben ser nítidas, con contraste alto, enumerados secuencialmente en números arábigos. La numeración y descripción de la figura debe colocarse debajo de ésta.
- Las figuras deben limitarse a un máximo de cinco (5) por artículo. El Comité Editorial se reserva el derecho de configurar el material ilustrativo desde que no perjudique su presentación.
- Las escalas deben ser indicadas por una línea o barra en la figura y referidas, si necesario, en la leyenda (por ejemplo, barra = 1 mm).
- La citación en el texto puede ser realizada en forma directa o indirecta (entre paréntesis) con letra inicial mayúscula. Ejemplo: Figura 1 o (Figura 1). En la leyenda, seguida de dos puntos antes del título. ejemplo: “Figura 1: Análisis del contenido de ácido ascórbico en frutos de camu camu”.
- Figuras que hayan sido publicadas anteriormente deben mencionar la fuente.
- Fotografías e ilustraciones deben estar en formato TIF o JPEG, en alta resolución (mínimo de 300 dpi). En ilustraciones y gráficos (vectoriales), utilizar el formato EPS, CDR, AI o WMF. Fotografías e ilustraciones en general (Figuras) deben ser insertadas al final del texto.
- Fotografías deben estar preferentemente en blanco y negro. Fotografías a color pueden ser admitidas, pero los costos de impresión correrán por cuenta de los autores.

TABLAS

- Las tablas deben ser secuencialmente enumeradas con números arábigos. Se aceptará hasta un máximo de cinco tablas por manuscrito. La leyenda de la tabla debe colocarse en la parte superior de la tabla. Puede haber notas de rodapié.
- Las tablas deben ser elaboradas en editores de texto (RTF o DOC), y no utilizando líneas o insertadas en el texto como figuras.
- La citación en el texto puede ser realizada en la forma directa o indirecta (entre paréntesis) y siempre deberá ser extenso, con inicial mayúscula. Ejemplo: Tabla 1 o (Tabla 1). Por lo tanto, en la leyenda, la citación deberá estar por extenso, seguida de dos puntos antes del título. Por ejemplo, “Tabla 1: Análisis...”.

INFORMACIONES ADICIONALES

Folia Amazónica se reserva el derecho de efectuar alteraciones de orden normativa, ortográfica y gramatical en los originales de los manuscritos, a fin de mantener el patrón culto de la lengua, respetando, el estilo de los autores.

Después de editar, las pruebas finales de los manuscritos aceptados, serán enviadas a los autores para su conformidad o cambios finales, la(s) misma(s) que debe(n) retornar al Comité Editorial en la fecha estipulada. Otros cambios posteriores al trabajo original no serán aceptados.

Una vez que el trabajo ha sido aceptado para publicación, los autores deben enviar una carta indicando:

- a) que los datos contenidos en el trabajo son originales y precisos;
- b) que todos los autores participaron de forma sustancial y están preparados para asumir responsabilidad pública por su contenido, es decir, que la veracidad de las informaciones contenidas en el artículo es de entera responsabilidad de los autores;
- c) que el manuscrito presentado a esta revista no ha sido remitido, o está siendo publicado, en su totalidad o en parte, por otra revista.

El primer autor recibirá 10 copias del artículo publicado. Información adicional puede ser solicitada al e-mail: folia.amazonica@iiap.org.pe

