

## EFFECTO DE TRES NIVELES DE PROTEÍNA DIETARIA EN EL CRECIMIENTO DE JUVENILES DE PAICHE, *Arapaima gigas* (Shinz, 1822)

Magaly DEL RISCO<sup>1</sup>, Javier VELÁSQUEZ<sup>1</sup>, Manuel SANDOVAL<sup>3</sup>, Palmira PADILLA<sup>2</sup>, Luis MORI-PINEDO<sup>2</sup>, Fred CHU-KOO<sup>1,2</sup>

1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IAP. Centro de Investigaciones de Quistococha. Apartado Postal 784, Iquitos, Perú. E-mail: fchuk20@gmail.com

2 Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Escuela de Post-grado. Maestría en Acuicultura. Cátedra CONCYTEC.

3 Universidad Nacional Agraria de la Selva – UNAS. Tingo María, Huánuco.

### RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de tres niveles de proteína dietaria (T1=35, T2=40 y T3=45% PB) en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, en un ensayo de 84 días de duración. Cuarenta y cinco alevinos de paiche ( $86.84 \pm 15.73$  g) fueron distribuidos al azar en nueve tanques de cemento recubiertos con mayólicas. Los peces fueron alimentados diariamente con una tasa de alimentación equivalente al 3% de su biomasa corporal. Se registró el crecimiento en peso y longitud en muestreos quincenales. Al término del experimento los animales alimentados con el T2 y T3 presentaron mayor ganancia en peso y longitud que los peces del T1 ( $P < 0.05$ ). Al no existir diferencias significativas entre T2 y T3, se concluye que el T2 (40% PB) es el nivel proteico más adecuado para la alimentación de juveniles de paiche de 85 g de peso promedio.

**PALABRAS CLAVE:** *Arapaima gigas*, crecimiento, proteína dietaria, alimento extruído.

## EFFECTS OF THREE DIETARY PROTEIN LEVELS ON GROWTH OF PAICHE, *Arapaima gigas* (Shinz, 1822) JUVENILES

### ABSTRACT

The main goal of this study was to determine the effects of three levels of dietary protein (T1=35, T2=40 and T3=45% CP) on paiche, *Arapaima gigas*, juveniles growth during an 84-day grow-out experiment. A total of 45 fish ( $86.84 \pm 15.73$  g) were placed in groups of 5 fish into nine indoor tile-bottom tanks and fed to 3% of its body weight daily. Fish weight and length were recorded biweekly. At the end of the study, fish fed with dietary treatments T2 and T3 showed better weight and length gain than fish fed the T1 diet ( $P < 0.05$ ). Since no significant differences were found between T2 and T3, we conclude that T2 (40% CP) is the most adequate protein level to feed paiche juveniles averaging 85 g of live weight.

**KEYWORDS:** *Arapaima gigas*, growth, dietary protein, extruded diet.

## INTRODUCCIÓN

El paiche (*Arapaima gigas*) es el mayor pez escamado que habita los cuerpos de agua de la cuenca amazónica y es considerado una promisorio especie para la piscicultura continental en los países amazónicos (Imbiriba, 2001; Chu-Koo & Alcántara, 2007). Este pez posee una gran rusticidad y capacidad de adaptación a condiciones de cautiverio y aunque mayormente se cría en estanques de tierra, se han reportado exitosas experiencias de cultivo en tanques-red en el Brasil (Cavero *et al.*, 2003a,b) y jaulas flotantes en el Perú (Rebaza *et al.*, 2006), alcanzando entre 8 a 12 kilos al año, una tasa de crecimiento que entre los peces cultivados en el mundo, es casi cinco veces superior al del salmón del Atlántico e incluso ligeramente superior a la cobia (Liao *et al.*, 2004; Chu-Koo *et al.*, 2007).

Entidades gubernamentales peruanas promocionaron con éxito las bondades de la carne de este pez en ferias gastronómicas europeas, es así que, estudios de mercado realizados principalmente en Alemania (Udewald, 2006), el Reino Unido, Suiza y Francia (Mueller, 2006), revelan un mercado potencial para la carne y productos derivados del paiche en dichos países. Sin embargo, la ausencia de una oferta exportable de esta especie hace absolutamente necesario la implementación de mayores recursos humanos y económicos para investigación, de modo tal, que se logre superar los cuellos de botella actuales que limitan las tecnologías actuales de producción de esta promisorio especie de la acuicultura amazónica.

Entre las principales informaciones que deben ser dilucidadas claramente al momento de establecer paquetes tecnológicos para una nueva especie en acuicultura resaltan los requerimientos nutricionales de la especie objetivo (Ituassu *et al.*, 2005) para la formulación de dietas comerciales con los niveles adecuados de proteína dietaria. Debido a que las proteínas son el componente más caro de las dietas en acuicultura, es importante determinar el nivel de requerimiento óptimo para el crecimiento y la sobrevivencia del organismo en cultivo (Lee *et al.*, 2000).

Una significativa reducción en el costo de los alimentos puede ser alcanzado siempre y cuando, dietas con bajos niveles proteicos puedan alimentar a un pez sin comprometer su crecimiento y salud (Webster *et al.*, 2000). Sin embargo, niveles de proteína dietaria inadecuados resultan en la reducción o el cese del crecimiento y por el contrario, excesivas dosificaciones de proteína dietaria, conllevaría a que solo una parte de ésta sea transformada en nuevas proteínas, mientras que el resto será convertido en

energía (Wilson, 2002). La proteína dietaria proporciona los aminoácidos esenciales y no esenciales necesarios para la síntesis de músculos y tejidos corporales y en menor proporción brinda también la energía para el mantenimiento de los organismos vivos.

La utilización de la proteína dietaria por un organismo depende del tipo de dieta manufacturada, de la digestibilidad de la proteína dietaria, el contenido de aminoácidos, de la proporción energía/proteína y finalmente de la cantidad de proteína ofertada. Otros factores que afectan la utilización de las proteínas están relacionados con el tamaño y edad de los peces, el sexo, genotipo y condiciones ambientales (Lim *et al.*, 1979).

Según sea la especie a ser cultivada, la edad, la fuente proteica y las condiciones ambientales, generalmente los requerimientos proteicos en peces piscívoros varían entre 30 a 55% (NRC, 1993).

A la fecha existe escasa literatura referida a los requerimientos nutricionales del paiche en todos sus estadios. A pesar de que se reportan experiencias de cultivo en tanques-red (Cavero *et al.*, 2003a; Ono *et al.*, 2004), estanques de tierra (Alcántara & Guerra, 1992; Imbiriba, 2001; Pereira-Filho *et al.*, 2003; Alcántara *et al.*, 2006) y jaulas flotantes (Ono *et al.*, 2003; Chu-Koo & Alcántara, 2007), los investigadores dedicados al estudio de este pez han dado mayor importancia a otros aspectos como la tasa de alimentación (Padilla *et al.*, 2002), densidad de cultivo (Cavero *et al.*, 2003b), frecuencia alimenticia (Gandra *et al.*, 2007) y a los parámetros sanguíneos y de respuesta al estrés (Andrade *et al.*, 2006; Gomes *et al.*, 2003; Gomes *et al.*, 2006; Gomes, 2007; Tavares-Dias *et al.*, 2007) dando como resultado un casi total desconocimiento de los aspectos nutricionales de esta promisorio especie.

En base a lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue determinar la influencia de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de paiches juveniles (85 g de peso promedio) criados bajo techo, en tanques de cemento revestidos de mayólicas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### LUGAR DE ESTUDIO

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigaciones Quistococha (CIQ), perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana –IIAP. El CIQ está ubicado en el Km. 4.5 de la Carretera Iquitos–Nauta (Provincia de Maynas, región Loreto).

## TRATAMIENTOS

Los tratamientos (niveles proteicos dietarios) evaluados en el estudio fueron los siguientes:

- T1 : 35% de proteína bruta (PB)
- T2 : 40% de PB
- T3 : 45% de PB

La fase experimental se llevó a cabo en nueve tanques rectangulares de cemento con un volumen promedio de 250 litros de agua. Un total de 45 juveniles de paiche ( $86.84 \pm 15.73$  g) fueron distribuidos en grupos de cinco (5) peces en los tanques disponibles. La densidad de cultivo fue de 1 pez/50 litros. Tres dietas con distintos niveles proteicos (Tabla 1) fueron distribuidas aleatoriamente en los nueve tanques. La alimentación de los peces se realizó cinco veces al día con una ración equivalente al 3% de la biomasa corporal por un periodo de 84 días. Cada tanque fue sifoneado dos veces al día (07.30 y 16.30 h) y cada quince días fueron desinfectados con permanganato de potasio para evitar la presencia de parásitos. Diariamente se registraron los valores de temperatura, oxígeno y pH con un medidor multiparámetros YSI MPS 556, mientras que cada quince días se registraron los valores de alcalinidad,

amonio, CO<sub>2</sub> y dureza utilizando un kit de análisis de aguas dulces AQ-2 fabricado por la empresa LAMOTTE.

## MUESTREOS BIOMÉTRICOS

Cada 15 días se ejecutaron muestreos biométricos para registrar el crecimiento en peso y longitud de los peces y reajustar las raciones diarias para las dos semanas siguientes. Al final del estudio se calcularon los siguientes índices: 1) factor de condición (K), 2) tasa de crecimiento específico (TCE), 3) conversión alimenticia aparente (CAA), 4) sobrevivencia (S) y 5) ganancia de peso diario (GPD).

## ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos fueron analizados a través de One-way ANOVA. Datos expresados en porcentajes fueron transformados por el método del arcoseno previo a su análisis. Se usó la prueba de comparación de medias 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. (Sall *et al.*, 2001) para el análisis. Los resultados de crecimiento e índices zootécnicos son mostrados como el promedio  $\pm$  error estándar de la media.

**Tabla 1.** Composición porcentual y proximal de las tres dietas experimentales extruídas conteniendo tres niveles de proteína dietaria, utilizadas en la alimentación de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, durante 84 días.

INSUMOS	DIETAS		
	T1 (35% PB)	T2 (40% PB)	T3 (45% PB)
Harina de maíz	40.00	40.00	30.00
Gluten de maíz	4.00	4.00	4.00
Harina de pescado	21.48	48.08	55.51
Torta de soya	31.21	6.10	7.03
Moyuelo de trigo	0.0	0.0	3.00
DL – Metionina	0.24	0.0	0.07
Cloruro Colina 60%	0.10	0.10	0.10
Carbonato de Calcio	0.29	0.0	0.0
Premix Acuicultura (Trucha)	0.12	0.12	0.12
Aceite vegetal	2.00	1.43	0.0
Antioxidante	0.02	0.02	0.02
L-Lisina	0.40	0.0	0.0
Antimicótico	0.15	0.15	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
Humedad (%)	10.00	8.91	8.41
Materia Seca (%)	90.00	91.09	91.59
Proteína (%)	35.00	40.00	45.00
Grasa (%)	6.47	7.79	6.53
Fibra (%)	2.06	1.31	1.31
Carbohidratos (%)	39.19	31.42	26.52
Ceniza (%)	7.28	10.57	12.23
Energía digestible (Mcal/Kg)	3.00	3.20	3.21
Lisina (%)	2.50	2.75	3.15
Metionina (%)	1.01	1.14	1.35
Metionina + Cistina (%)	1.50	1.59	1.85
Fenilalanina + Tirosina (%)	2.68	2.95	3.39
Fósforo Total (%)	0.85	1.34	1.52

## RESULTADOS

### CALIDAD DE AGUA

Los parámetros físicos y químicos del agua registrados durante los 84 días de experimentación se muestran en la Tabla 2. Estos valores a excepción del oxígeno disuelto están dentro de los rangos aceptables para el desarrollo del cultivo del paiche.

Los bajos niveles de oxígeno disuelto en realidad no representa un problema crítico para esta especie puesto que casi el 80% del oxígeno que captan para su respiración proviene del aire atmosférico y se procesa directamente a través de un órgano especializado de respiración (Brauner & Val, 1996).

### CRECIMIENTO

En la Tabla 3 se muestran los pesos y longitudes iniciales y finales así como las ganancias de peso y longitud en cada uno de los tres tratamientos al finalizar los 84 días de estudio. Los resultados indican que al final del estudio el crecimiento de los peces del T1 fueron significativamente inferiores ( $P < 0.05$ ) en relación a los de los paiches de los tratamientos T2 y T3. Al comparar los niveles de crecimiento (PF, GP, GL y GPD) entre T2 y T3 el test de Tukey no revela diferencias significativas entre estos dos últimos ( $P > 0.05$ ).

En la Figura 1 se muestra la evolución temporal del crecimiento en peso de los individuos por cada tratamiento. Allí se puede notar que desde el segundo

muestreo los peces del T1 (35% de PB) mostraron un nivel de crecimiento en peso inferior cuando comparado con los peces alimentados con las dietas conteniendo 40 y 45% de proteína dietaria y por ende fueron quedando relegados.

Al finalizar el experimento, los peces de los tratamientos T2 y T3 (40 y 45 % de PB respectivamente), ganaron en promedio entre 174.8 y 161.4 g más en peso que los peces del T1, una diferencia de peso importante a ser considerada.

### INDICES ZOOTÉCNICOS

Al evaluarse los índices zootécnicos obtenidos en el estudio se hace evidente el mejor desempeño de los juveniles alimentados con las dietas conteniendo niveles de proteína bruta entre 40 y 45% con respecto a los peces del T1 ( $P < 0.05$ ).

Los peces alimentados con los tratamientos T2 y T3 alcanzaron tasas de crecimiento específicos notoriamente superiores a los individuos del T1 ( $P = 0.001$ ). A través de las pruebas de Tukey-Kramer realizadas se pudo constatar también que los peces de estos dos tratamientos presentaron mejores factores de condición ( $P = 0.0339$ ) y conversión de las dietas suministradas ( $P = 0.0022$ ), respectivamente. Por otro lado, no hubo diferencias significativas entre T2 y T3 según Tukey ( $P > 0.05$ ). No se registró mortalidad en ninguna de las réplicas de los tres tratamientos evaluados (Tabla 4).

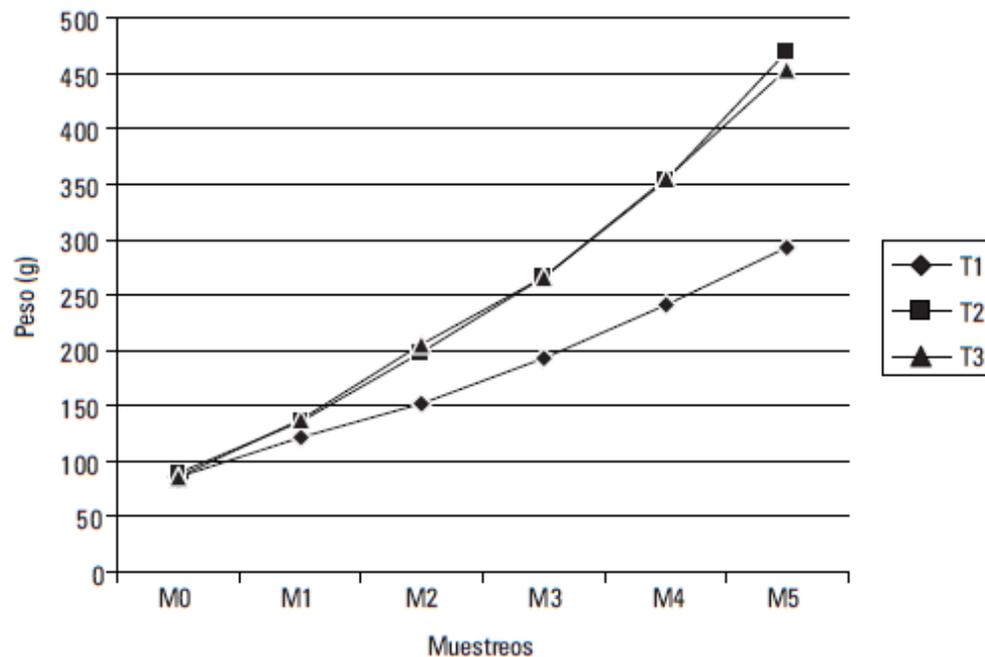
**Tabla 2.** Calidad de agua (promedio  $\pm$  desviación estándar) registrada durante la fase de cultivo de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, alimentados con dietas conteniendo tres niveles de proteína durante 84 días.

PARÁMETROS	(Promedio $\pm$ desviación estándar)		
	T1	T2	T3
Temperatura (°C)	24.7 $\pm$ 0.8	24.7 $\pm$ 0.8	24.8 $\pm$ 0.9
Oxígeno disuelto (mg/l)	2.1 $\pm$ 1.3	2.2 $\pm$ 1.4	2.2 $\pm$ 1.5
pH (upH)	6.1 $\pm$ 0.4	6.1 $\pm$ 0.4	6.1 $\pm$ 0.4
Amonio (ppm)	0.72 $\pm$ 0.3	0.72 $\pm$ 0.3	0.72 $\pm$ 0.3
Dureza (ppm)	26.0 $\pm$ 4.2	26.0 $\pm$ 6.6	25.0 $\pm$ 5.0
Alcalinidad (ppm)	28.0 $\pm$ 3.9	29.0 $\pm$ 3.4	29.0 $\pm$ 3.5
Dióxido de carbono (ppm)	14.8 $\pm$ 2.2	17.8 $\pm$ 4.4	17.4 $\pm$ 3.3

**Tabla 3.** Crecimiento en peso (g) y longitud (cm) registrados en juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, alimentados con dietas conteniendo tres niveles de proteína dietaria durante 84 días. Valores que comparten la misma letra no son significativamente diferentes según Tukey-Kramer ( $P > 0.05$ )

TRATAM.	PI (g)	PF (g)	GP (g)	LI (cm)	LF (cm)	GL (cm)	GPD (g/d)
T1	86.3	293.6 <sup>a</sup>	207.3 <sup>a</sup>	23.43	34.07 <sup>a</sup>	10.64 <sup>a</sup>	2.47 <sup>a</sup>
T2	88.5	470.5 <sup>b</sup>	382.1 <sup>b</sup>	23.31	39.21 <sup>b</sup>	15.89 <sup>b</sup>	4.53 <sup>b</sup>
T3	85.7	454.4 <sup>b</sup>	368.7 <sup>b</sup>	23.18	37.86 <sup>b</sup>	14.67 <sup>b</sup>	4.36 <sup>b</sup>
EEA	2.0	20.1	19.7	0.2	0.7	0.7	0.2
Valor de P	0.6304	0.0014	0.0013	0.6307	0.0066	0.0044	0.0012

Leyenda: PI = peso inicial, PF = peso final, GP = peso ganado, LI = longitud inicial, LF = longitud final, GL = longitud ganada, GPD = ganancia de peso diario, EEA = error estándar agrupado, P = probabilidad.



**Figura 1.** Peso promedio (g) de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, alimentados con dietas conteniendo tres niveles de proteína dietaria, durante 84 días.

**Tabla 4.** Resultados de TCE, K, TCAA y sobrevivencia de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, alimentados con tres niveles de proteína durante 84 días.

TRATAMIENTO	TCE	K	TCAA	S
T1	0.63 <sup>a</sup>	0.74 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>
T2	0.86 <sup>b</sup>	0.78 <sup>b</sup>	1.07 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>
T3	0.86 <sup>b</sup>	0.84 <sup>b</sup>	1.12 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>
Error estándar	0.03	0.02	0.06	0.0
Valor de P	0.001	0.0339	0.0022	---

## DISCUSIÓN

El conocimiento de los niveles óptimos de proteína dietaria es un requisito primario para la adecuada formulación de dietas nutricionalmente balanceadas y de bajo costo en acuicultura (Khan & Jafri, 1990). En el caso particular del paiche y en los Osteoglossiformes en general (p.e. *Osteoglossum* spp., *Scleropages* spp. y *Heterotis* spp.), existe escasa bibliografía acerca de los requerimientos nutricionales de las especies de dicho orden taxonómico. En una de las pocas referencias encontradas en el *A. gigas*, Ituassu *et al.* (2005) evaluaron el crecimiento de juveniles alimentados con dietas conteniendo cinco niveles de proteína dietaria, concluyendo que animales de 120 g de peso vivo tienen un mejor desempeño productivo cuando son alimentados con dietas de 48.6% de proteína cruda.

En el presente trabajo se reportan aceptables niveles de crecimiento y conversión alimenticia en peces de 85 g con dietas conteniendo entre 40 a 45% de proteína dietaria, concentraciones más bajas a los reportados por Ituassu *et al.* (2005). Este resultado es obviamente de interés general puesto que una significativa reducción en el costo de los alimentos puede ser alcanzado siempre y cuando, dietas con bajos niveles proteicos puedan alimentar a un pez sin comprometer su crecimiento y salud (Webster *et al.*, 2000).

Los ICAA registrados en el presente estudio son significativamente bajas en relación a las registradas por Padilla *et al.* (2003) quienes reportan conversiones de hasta 3:1 con una dieta peletizada conteniendo 50% de PB durante 90 días. Valores de ICAA mayores a 3 son frecuentes en estudios de alimentación con paiche, sin embargo, en los últimos años la introducción de dietas extruídas en la alimentación del paiche han mejorado paulatinamente la conversión alimenticia hasta alcanzar niveles entre 2.3 y 1.3 (Pereira *et al.*, 2003; Crescencio *et al.*, 2005; Rebaza *et al.*, 2006), similares a los obtenidos en el presente estudio.

Si comparamos los niveles de TCE registrados en el presente estudio con otras investigaciones reportadas en la misma especie verificaremos que las velocidades de crecimiento de nuestros peces fueron particularmente inferiores a lo encontrado en otros estudios realizados en la misma especie. Experimentos realizados en el INPA (Brasil) y en el IIAP (Perú) muestran tasas de crecimiento específico que alcanzan entre 1.1 a 2.8% (Cavero *et al.*, 2003a; Crescencio *et al.*, 2005; Ituassu *et al.*, 2005; Padilla *et al.*, 2006). Estos datos nos indican que es más probable que el requerimiento proteico del paiche en esta etapa de su vida (80 - 90 g) sea superior al 45%, por tanto, nuevos experimentos deben ser conducidos a fin de dilucidar el requerimiento óptimo para esta especie durante su desarrollo ontogenético en medios confinados (piscicultura).

Los requerimientos de una especie varían con la edad y el paiche no sería la excepción a la regla. Hace unos años, investigadores del IIAP reportaron excelentes niveles de crecimiento en juveniles de 500 g utilizando dietas extruídas con 40% de proteína, alcanzando pesos finales entre 8 a 12 kilos/año en jaulas flotantes (Chu-Koo *et al.*, 2007).

Experiencias realizadas en otras especies camívoras reportan también niveles de TCE y de requerimiento dietario de proteínas superiores al presente trabajo. Por ejemplo, Schulz *et al.* (2007) estimaron valores de TCE mínimos de 2.4 y máximos de 3.1 en alevinos de perca alimentados con dietas conteniendo hasta 61% de proteína cruda. Schuchardt *et al.* (2008) reportan niveles de TCE entre 2.28 y 2.48 en alevinos de pargo alimentados con dietas conteniendo niveles proteicos entre 40 a 65% y que la conversión alimenticia bajó de 1.7 a 1.2 a medida que se incrementó el nivel de concentración de proteína dietaria de 40 a 50%, llegándose incluso hasta obtener una conversión de 1.05 en los peces alimentados con la dieta más alta en proteínas (65% de PB).

## CONCLUSIONES

Al no haber diferencias sustanciales entre los tratamientos T2 y T3 en lo referente a la tasa de crecimiento específico, factor de condición, conversión alimenticia, ganancia en peso y ganancia de peso diario según la prueba de Tukey, concluimos que el nivel proteico más adecuado para la alimentación de paiches juveniles en el presente estudio fue 40% PB. Sin embargo, la comparación del nivel de crecimiento de nuestros peces respecto a lo observado en otros trabajos realizados con la misma especie nos lleva a recomendar el uso de mayores concentraciones de proteína en la dieta si es que se desea alcanzar tasas de crecimiento individuales que superen el 1% de su peso diario.

Al término de este experimento y a la luz de los resultados obtenidos no es difícil predecir que el incremento de la productividad de los sistemas acuícolas en la Amazonía peruana solo será posible por medio del conocimiento. En ese sentido, el fomento a la investigación de los requerimientos nutricionales del paiche y de las principales especies amazónicas es un requisito fundamental para el desarrollo de paquetes tecnológicos actualizados y viables técnica y económicamente, puesto que la alimentación es uno de los principales factores que afectan los costos de producción en acuicultura.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, al Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonía Peruana - BIODAMAZ y al Proyecto INCAGRO, que a través del Contrato N° 2007-00543-AG-INCAGRO/FDSE (Subproyecto PAICHE) han financiado la ejecución y publicación de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alcántara, F.B.; Aldea, M.; Ramírez, P.; Chávez, C.; Del Castillo, D.; Tello, S. 2006. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, en estanques de productores en Loreto, Perú. In: Renno, J. F.; García Dávila, C. R.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. (eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 163-168.
- Alcántara, F. B.; Guerra, H. F. 1992. Cultivo del paiche, *Arapaima gigas*, utilizando bujurquí, *Cichlasmoma bimaculatum*, como presa. *Folia Amazónica*, 4(1):129-139.
- Andrade, J.I.A.; Ono, E.A.; Menezes, G.C.; Brasil, E.M.; Roubach, R.; Urbinati, E.C.; Tavares-Dias, M.; Marcon, J.L.; Affonso, E.G. 2007. Influence of diets supplemented with vitamin C and E on pirarucu (*Arapaima gigas*) blood parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 146(4):576-580.
- Brauner, C. J.; Val, A. L. 1996. The interaction between O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> exchange in the obligate air breather, *Arapaima gigas*, and the facultative air breather, *Lipossarcus pardalis*. In: Val, A. L.; Almeida-Val, V. M. F.; Randall, D. J. (Eds). *Physiology and Biochemistry of the Fishes of the Amazon*. p. 101-110.
- Cavero, B.A.S.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Ituassú, D.R. 2003a. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38(6):723-728.
- Cavero, B.A.S.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Ituassú, D.R.; Gandra, A.L.; Crescencio, R. 2003b. Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu, em ambiente confinado. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38:103-107.
- Chu-Koo, F.; 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.
- Chu-Koo, F.; Valdivieso, M.; Tello, S.; Rebaza, M.; Rebaza, C.; Deza, S.; Alcántara, F. B. 2007. Análisis económico de la crianza del paiche o pirarucu (*Arapaima gigas*) en jaulas flotantes en un lago amazónico peruano. *Infopesca Internacional*, 30(1):28-31.
- Crescencio, R.; Ituassú, D.R.; Roubach, R.; Pereira-Filho, M.; Cavero, B.A.S.; Gandra, A.L.; 2003. Influencia do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 40(12):1217-1222.
- Gandra, A.L.; Ituassú, 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.
- Gomes, L.C. 2007. Physiological responses of pirarucu (*Arapaima gigas*) to acute handling stress. *Acta Amazonica*, 37(4):629-634.
- Gomes, L.C.; Chagas, E.C.; Brimm, R.P.; Roubach, R.; Coppati, C.E.; Baldisserotto, B. 2006. Use of salt during transportation of air breathing pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*) in plastic bags. *Aquaculture*, 256:521-528.
- Gomes, L.C.; Roubach, R.; Cavero, B.A.S.; Pereira-Filho, M.; Urbinati, E.C. 2003. Transport of pirarucu *Arapaima gigas* juveniles in plastic bags. *Acta Amazonica*. 33:631-636.

- Imbiriba, P. 2001. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas* em cautiverio. *Acta Amazônica*, 31(2):299-316.
- Ituassú, D.R.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R.; Crescencio, R.; Cavero, B.A.S.; Gandra, A.L. 2005. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(3):255-259.
- Lee, S.M.; Cho, S.H.; Kim, K.D. 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder (*Paralichthys olivaceous*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 31:306-315.
- Liao, I. C.; Huang, T.S.; Tsai, W.S.; Hsueh, C.M.; Chang, S.L.; Leañó, E.M. 2004. Cobia culture in Taiwan: Current status and problems. *Aquaculture*, 237:155-165.
- Lim, C.; Sukhawongs, S.; Pascual, F. 1979. A preliminary study on the protein requirements of *Chanos chanos* (Forsk.) fry in a controlled environment. *Aquaculture*, 17:195-201.
- Mueller, O. 2006. *Arapaima gigas* market study. Current status of *Arapaima* global trade and perspectives on the Swiss, French and UK markets. UNCTAD-BioTrade. 52pp.
- National Research Council. 1993. *Nutrient requirements of fish*. Washington, D.C.: National Academy Press. 114pp.
- Ono, E.A.; Halverson, M. R.; Kubitz, F. 2004. Pirarucu – O gigante esquecido. *Panorama da Aqüicultura*, 14:14-25.
- Ono, E.A.; Roubach, R.; Pereira, M. F. 2003. Pirarucu Production – Advances in Central Amazon, Brazil. *Global Aquaculture Advocate*, 6:44-46.
- Padilla, P.; Ismiño, R.; Alcántara, F.B.; Tello, S. 2002. Efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento del paiche, *Arapaima gigas*. In: Memorias: Manejo de Fauna silvestre en Amazonía y Latinoamérica. p. 59-62.
- Padilla, P.; Ismiño, R.; Alcántara, F.B.; Tello, S. 2003. Producción y manejo de alevinos de paiche en ambientes controlados. In: Alcántara, F. B.; Montreuil, V. H. (Eds). *Memoria del Seminario Taller Internacional de Manejo de Paiche o Pirarucu*. p. 125-141.
- Padilla, P. García, A.; Sandoval, M. 2006. Crecimiento compensatorio de alevinos de paiche, *Arapaima gigas*, en ambientes controlados. In: Renno, J. F.; García Dávila, C. R.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. (Eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 173-177.
- Pereira-Filho, M.; Cavero, B.A.S.; Roubach, R.; Ituassú, D.R.; Gandra, A.L.; Crescencio, R. 2003. Cultivo do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. *Acta Amazônica*, 33:715-718.
- 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. R.; Duponchelle, F.; Nuñez, J. (Eds). *Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. p. 169-172.
- 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. 491pp.
- Schuchardt, D.; Vergara, J.M.; Fernandez-Palacios, H.; Kalinowski, C.T.; Hernandez-Cruz, C.M.; Izquierdo, M.S.; Robaina, L. 2008. Effects of different dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 14:1-9.
- Schulz, C.; Bohm, M.; Wirth, M.; Rennert, B. 2007. Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition*, 13:373-380.
- Tavares-Dias, M.; Barcellos, J. F. M.; Marcon, J.L.; Menezes, G. C.; Ono, E.A.; Affonso, E.G. 2007. Hematological and biochemical parameters for the pirarucu, *Arapaima gigas*, Shinz, 1822 (*Osteoglossiformes*, *Arapaimatidae*) in net cage culture. *Electronic Journal of Ichthyology*, 2:61-68.
- Udewald, R. 2006. *Potencial de peces amazónicos en el mercado alemán: Paiche, Gamitana y Dorado*. PNPB-PROMPEX. 34p.
- Webster, C.D.; Tiu, L.G.; Morgan, A.M. 2000. Difference in growth in blue catfish, *Ictalurus furcatus* and channel catfish, *Ictalurus punctatus* fed low-protein diets with or without supplemental methionine and/or lysine. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31:195-205.
- Wilson, R.P. 2002. Amino acids and proteins. In: Halver, J.E.; Hardy, R.W. (Eds), *Fish Nutrition*. 3rd Ed. pp. 143-199. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA.