

EVALUACIÓN DE TRES DIETAS EXTRUSADAS DE INICIO EN EL CRECIMIENTO, UTILIZACIÓN DEL ALIMENTO, COMPOSICIÓN CORPORAL Y PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS DE LA GAMITANA (*Colossoma macropomum*)

Fred Chu-Koo^{1,2}, Yuri Ramírez Cárdenas³; Ana Rodríguez Veintemilla³, Jorge Babilonia Medina² & Alfonso Bernuy Rodríguez²

¹IIAP. Programa AQUAREC. Laboratorio de Bromatología, Limnología y Hematología. Iquitos, Perú. E-mail: fchuk20@gmail.com

²UNAP. Escuela de Postgrado. Cátedra CONCYTEC Maestría en Acuicultura.

³UNAP. Facultad de Ciencias Biológicas. Tesista IIAP.

INTRODUCCIÓN

En el año 2005, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), adquiere una máquina extrusora de patente nacional, formula e introduce con éxito el uso de dietas extrusadas en la alimentación de peces reproductores, iniciando después la comercialización de dietas de inicio, crecimiento y engorde para gamitana (*Colossoma macropomum*), sábalo (*Brycon erythrops*) y paco (*Piaractus brachypomus*) en el eje carretero Iquitos-Nauta (Loreto). Paralelamente, inicia investigaciones en sus sedes de Iquitos y Pucallpa. Para el 2006, la empresa Murveco Trading (Lima), alertada por la buena demanda de alimento extrusado en este nuevo mercado, introduce una línea de raciones para gamitana y paco bajo el nombre comercial “Nutrimix”. Hacia finales del mismo año, la transnacional Purina hace su ingreso al mercado piscícola amazónico, con la línea de dietas extrusadas denominada “Purigamitana”.

Han transcurrido algunos años y a la fecha, solo las dietas del IIAP y en parte las de Murveco Trading, han sido evaluadas en diversas fases de cultivo (Rebaza et al. 2008; Tafur et al. 2009; Dañino et al. 2011a,b). Considerando que la alimentación es un aspecto crucial en piscicultura ya que demanda el 60-70% de los costos finales de producción (Adelizi et al. 1998), se entiende que es de vital necesidad contar con criterios que guíen a los piscicultores de la región amazónica peruana, a tomar la más acertada decisión a la hora de seleccionar la(s) mejor(es) dieta(s) disponible(s) en el mercado nacional, en términos de calidad nutricional, rendimiento y costos. Una adecuada selección del alimento a emplear, les permitirá finalmente mejorar la rentabilidad de su actividad económica.

En ese sentido, en el presente estudio se compara la respuesta productiva, el grado de asimilación dietaria y el estado de salud de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*), alimentados con las tres dietas extrusadas de tipo inicio actualmente disponibles en el mercado amazónico, producidas y comercializadas por una empresa transnacional (Purina – línea Purigamitana®), una nacional (Murveco Trading – línea Nutrimix®) y una entidad pública de alcance regional (IIAP – línea IIAP), respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un sistema de recirculación instalado en el Centro de Investigaciones Quistococha del IIAP (Iquitos). El sistema contó con filtros biológicos y de rayos UV, oxigenación proveída por un blower de 1 HP, movimiento de agua a través de una bomba de 1 HP y un termostato de 1.2 KW para mantener niveles térmicos adecuados (28 °C).

Se evaluaron tres dietas comerciales extrusadas de inicio (D1: Nutrimix, 35% PB, D2: Purigamitana, 28% PB y D3: IIAP, 28% PB) por triplicado. Las dietas fueron asignadas al azar en 9 cubetas de fibra de vidrio que formaban parte del sistema de recirculación. Cada cubeta tenía una capacidad para 30 litros de agua y albergó a una población de 10 alevinos (n=90). Los peces fueron aclimatados a las condiciones experimentales y a sus respectivas dietas por espacio de 14 días. Al finalizar el periodo de adaptación, los peces fueron pesados (11.3 ± 0.3 g) y nuevamente colocados en sus cubetas para dar inicio al experimento.

La alimentación fue una vez al día (10.00 h), a razón del 3% de la biomasa existente en cada cubeta. Dos horas después (12.00 h) se limpiaba el fondo de las nueve cubetas para determinar la cantidad de alimento no consumido (previo secado en estufa a 65 °C por 24 h y pesaje en balanza analítica). La limpieza de excretas se realizaba a diario entre las 7- 8 am. Medidas del peso y longitud fueron realizadas cada 10 días para reajustar las raciones. El estudio duró 60 días.

Se evaluó la ganancia de peso (GP), ganancia de peso diario (GPD), tasa de crecimiento específico (TCE), tasa de conversión alimenticia (TCA), eficiencia alimentaria (EA), tasa de eficiencia proteica (TEP), utilización proteica neta aparente (UNPA), factor de condición (K), tasa de supervivencia (TS) y el índice hepato-somático (IHS).

Los niveles de pH, temperatura y oxígeno disuelto del agua fueron monitoreados dos veces al día (8 am y 4 pm), con sonda multiparámetro YSI MPS 556 y los tenores de nitritos, amonio, dureza, CO₂ y alcalinidad fueron medidos quincenalmente con un Kit Lamotte AQ-2.

Al término del experimento, la población total de cada tratamiento fue sacrificada, destinándose 20 peces eviscerados para los estudios de composición corporal (proteínas, grasas y cenizas) y 10 ejemplares para los estudios hematológicos (hemoglobina, hematocrito, etc.). Los hígados fueron pesados para obtener el índice hepatosomático. Cabe indicar también, que se determinó la composición corporal de un grupo control de alevinos al inicio del estudio.

Los datos fueron analizados mediante One-way ANOVA. Se aplicó la prueba Tukey HSD cuando el ANOVA mostró diferencias significativas ($P<0.05$). Los datos expresados en porcentajes fueron transformados por el método del arco seno para cumplir los pre-requisitos del ANOVA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Calidad de agua

La calidad del agua varió de la siguiente manera: oxígeno disuelto (6.5 ± 0.2 mg/L), temperatura ($28.1 \pm 0.2^\circ\text{C}$), pH (5.4 ± 0.1 UpH), nitritos (<0.05 ppm), amonio (0.3 ± 0.1 ppm), dureza total (19.0 ± 1.6 ppm), alcalinidad total (22.2 ± 1.5 ppm) y CO₂ (8.5 ± 0.5 ppm).

Crecimiento

Al cabo de las 8 semanas, no se registraron efectos dietarios significativos ($P>0.05$) en lo referente a GP, GPD, TCR o TCE. A pesar de que la TCR de los peces alimentados con Nutrimix e IIAP fueron en media 12.5% superior a los peces nutridos con Purigamitana, ésta diferencia no llegó a ser significativa (Tabla 1). Dicho en términos prácticos, el crecimiento fue homogéneo y cualquiera de las dietas producirá efectos similares en el desempeño productivo de esta especie, siempre y cuando se encuentren bajo las mismas condiciones de cultivo. Este resultado sorprende ya que se esperaba un desempeño superior de los peces alimentados con la D1, debido al mayor contenido de proteína dietaria de la misma, toda vez que las proteínas sean de origen animal o vegetal, son factores esenciales de promoción del crecimiento en peces (Sink et al. 2010).

Utilización de alimento

La utilización de las dietas, expresada en términos de TCA, EA, TEP y UNPA, fue similar ($P>0.05$) en todos los peces (Tabla 1). En líneas generales, las tres dietas fueron eficientemente utilizadas por la gamitana (EA>72%), llegándose a niveles de EA similares a los reportados para tilapia nilótica (Lim et al. 2010) y bagre de canal, alimentado con dietas suplementadas con 5-20% de glicerol dietario (Li et al. 2010).

Aunque hubo una ligera superioridad de D1 y D3 con respecto a D2 en cuanto a los valores de TEP y UNPA, ésta no se tradujo en ganancias de peso que sean evidentemente superiores al rendimiento mostrado por los peces del tratamiento D2. Los valores de TEP obtenidos en el presente estudio son sorprendentemente similares a los obtenidos en variedades seleccionadas de bagre de canal (USDA 403 y USDA 103) y superiores a los observados en ejemplares de la misma especie de lotes comerciales del Mississippi (Peterson et al. 2010). Los valores de K y TS registrados fueron los esperados, considerando la rusticidad y fácil adaptación de la gamitana a diversas condiciones de cultivo.

Tabla 1. Índices zootécnicos (promedio \pm error estándar) obtenidos en alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con tres dietas extrusadas comerciales de inicio.

Variables	D1	D2	D3	Valor de P
	Nutrimix	Purigamitana	IIAP	
LI (cm)	8.70 \pm 0.08	8.75 \pm 0.14	8.63 \pm 0.19	0.5281
LF (cm)	10.77 \pm 0.20	10.58 \pm 0.44	10.69 \pm 0.40	0.6572
PI (g)	11.3 \pm 0.5	11.5 \pm 0.3	11.1 \pm 0.3	0.7631
PF (g)	19.20 \pm 0.6	18.26 \pm 1.4	19.02 \pm 1.1	0.6828
GP (g)	9.9 \pm 1.1	8.4 \pm 1.1	9.9 \pm 0.9	0.5242
GPD (g)	0.19 \pm 0.02	0.17 \pm 0.02	0.20 \pm 0.02	0.5137
TCE (%g/día)	0.90 \pm 0.11	0.77 \pm 0.08	0.90 \pm 0.05	0.5214
TCR (%)	71.0 \pm 12.3	58.6 \pm 10.2	71.4 \pm 6.5	0.6090
TCA	1.40 \pm 0.10	1.36 \pm 0.20	1.33 \pm 0.03	0.9388
EA	0.73 \pm 0.06	0.77 \pm 0.21	0.77 \pm 0.03	0.9464
TEP	2.6 \pm 0.2	1.9 \pm 0.3	2.7 \pm 0.1	0.0655
UNPA (%)	46.5 \pm 3.8	42.5 \pm 5.7	50.8 \pm 3.2	0.4539
K	1.53 \pm 0.03	1.53 \pm 0.03	1.57 \pm 0.03	0.7290
IHS	1.1 \pm 0.1c	1.4 \pm 0.1b,c	1.6 \pm 0.1a,b	0.0090
TS (%)	100.00	92.5 \pm 4.3	96.7 \pm 3.3	0.3130

Promedios de la misma línea con letras diferentes presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p<0.05$).

El único parámetro afectado ($P<0.05$) por los tratamientos dietarios fue el IHS. Según Bastardo et al. (2006), valores de IHS mayores a 1 indican un deterioro de la condición del hígado al acumular lípidos como los triglicéridos de modo excesivo. En tal sentido, los peces alimentados con D1 presentaron los mejores niveles de IHS (1.1), acumulando menos grasa en el hígado en comparación con los peces de los tratamientos D2 (IHS=1.4) y D3 (IHS=1.6). Sin embargo, hay estudios que muestran valores de IHS por encima de 1, como el de Lim et al. (2010) en el bagre de canal (IHS entre 1.34 y 1.56), y Lochmann et al. (2009) en la propia gamitana (IHS entre 1.18 y 1.83), alimentada con dietas ricas en carbohidratos y cultivadas en condiciones similares al presente estudio, sin expresar una preocupación especial por estos valores.

Composición corporal

Al final del experimento, el contenido corporal de proteínas, cenizas y grasas varió significativamente ($P<0.05$) respecto a los niveles obtenidos al inicio.

Los peces presentaron ganancia corporal de proteínas en el orden de 4 al 5%, revelando una adecuada asimilación de proteínas de las tres dietas, concordando así con los niveles de TCA, EA, TEP y UNPA registrados en el trabajo. Sin embargo, según la prueba de Tukey, no se produjeron cambios significativos ($P>0.05$) en el contenido proteico de los peces cuando fue comparada una dieta con otra (Tabla 2).

Tabla 2. Composición corporal de proteína, grasa y cenizas de los alevinos de gamitana *Colossoma macropomum*, en el Experimento.

Variables	Tratamientos				EEA	Valor de P
	Inicio	D1 Nutrimix	D2 Purigamitana	D3 IIAP		
Proteína	58.3a	63.5b	62.8b	62.6b	0.32	<0.0001
Grasas	8.5a	13.8b,c	12.4b	14.6c	0.47	<0.0001
Cenizas	17.8a	14.3b,c	13.1b	15.2c	0.31	<0.0001

Promedios de la misma línea con letras diferentes presentan diferencias significativas según Tukey ($p<0.05$).

Sanz (2003), sostiene que la composición corporal de un pez se mantiene constante en el tiempo y que puede ser afectada ligeramente como consecuencia de alguna influencia de tipo nutricional. En el presente trabajo observamos claramente que los niveles corporales de proteínas, grasas y cenizas significativamente diferentes al inicio y al final del estudio, justamente como consecuencia de las tres dietas evaluadas. Para reforzar nuestro hallazgo, encontramos que similares resultados fueron reportados por Soberón et al. (2007) en esta misma especie.

Un detalle a considerar es que el contenido corporal de grasa y el IHS fueron siempre más elevados en los peces de la D3, lo que indicaría un exceso de energía en esta dieta, proveniente del alto nivel de carbohidratos dietarios de la misma (~50-50%), que se estaría acumulando como tejido adiposo de reserva y en el hígado.

Tabla 3. Parámetros hematológicos (promedio \pm error estándar) obtenidos en alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*) alimentados con tres dietas extrusadas comerciales de inicio.

Variables	D1	D2	D3	Valor de P
	Nutrimix	Purina	IIAP	
Hemoglobina (g/dL)	10.6 \pm 1.2	9.5 \pm 0.6	9.7 \pm 1.5	0.488
Hematocrito (%)	34.4 \pm 3.9	30.7 \pm 2.0	31.4 \pm 4.9	0.489
Eritrocitos ($\times 10^9/\text{mm}^3$)	3.5 \pm 0.4	3.1 \pm 0.2	3.2 \pm 0.5	0.488
Leucocitos ($10^3/\text{mm}^3$)	2.7 \pm 0.09a	2.4 \pm 0.05b	2.6 \pm 0.06a	0.009
Glucosa (mg/dL)	129.3 \pm 39.3	126.0 \pm 8.7	131.3 \pm 23.9	0.971
Colesterol (mg/dL)	195.0 \pm 56.0	246.7 \pm 60.9	214.3 \pm 69.0	0.615
Triglicéridos (mg/dL)	233.3 \pm 42.2	334.0 \pm 68.2	346.3 \pm 125.3	0.284

Promedios de la misma línea con letras iguales no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p<0.05$).

Parámetros hematológicos (sanidad)

En sanidad acuícola, los parámetros hematológicos son empleados como indicadores fisiológicos de disfunción orgánica por estrés, desnutrición crónica o por consecuencia de problemas medioambientales (Valenzuela et al. 2003). En este trabajo, el análisis sanguíneo no reveló síntomas de anemia o reducción drástica de leucocitos, producto de alguna deficiencia nutricional. Los valores de hemoglobina (9.5–10.6 g/dL) y hematocrito (30.7–34.4%), así como los conteos de eritrocitos y leucocitos, fueron similares e incluso ligeramente superiores que los reportados en otros estudios realizados en esta especie (Tavares-Dias et al. 2001; Soberón et al. 2007; Centeno et al. 2007; Lochmann et al. 2009). Por otra parte, los valores de glucosa, colesterol y triglicéridos plasmáticos variaron entre 126-131.3 mg/dL, 195-246.7 mg/dL y 233.3-246.3 mg/dL, respectivamente.

Los niveles de glucosa de este trabajo se encuentran por encima de los valores reportados por Soberón et al. (2007). En realidad no existen rangos establecidos como normales para gamitana. Por ejemplo, Gomes et al. (2004) sostienen que los niveles normales para *Colossoma* varían entre 50-70 mg/dL, mientras que Tavares-Dias et al. (2001) lo establecen en 116.7 mg/dL. El ANOVA reveló que no hubo un efecto de las dietas sobre los parámetros sanguíneos, a excepción del recuento de leucocitos ($P=0.009$).

CONCLUSIONES

Ninguna de las dietas demostró ser absolutamente superior a las otras, comprobándose un buen nivel de crecimiento y utilización alimenticia en todas. Los peces de la D1 presentaron niveles más adecuados de IHS. Las tres dietas produjeron un incremento de proteína y grasa corporal, así como una disminución del contenido mineral de los peces al final del estudio. El análisis sanguíneo por su parte, no mostró problemas de anemia o desequilibrios nutricionales aparentes. Al tener rendimientos similares, es decisión del piscicultor escoger la dieta de inicio de su preferencia, previo análisis del costo de la misma.

REFERENCIAS

- Adelizi, P.D.; Rosati, R.R.; Warner, K.; Wu, Y.V.; Muench, T.R.; White, M.R.; Brown, PTB. 1998. Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*, 4: 255-262.
- Bastardo, H.; Scorza, C. & Sofia, S. 2006. Variables hematológicas y bioquímicas en la trucha arco iris, relacionadas con la condición hepática y la edad. *Zootecnia Tropical*, 24(1):1-15.
- Centeno, L.; Silva-Acuña, R.; Barrios, R.; Salazar Lugo, R. Matute, C. & Pérez, J.L. 2007. Características hematológicas de la cachama (*Colossoma macropomum*) en tres etapas de crecimiento cultivadas en el estado Delta Amacuro, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 25(4): 237-243.
- Dañino, P.A.; Nash, R.L.; Chu-Koo, F. & Mori-Pinedo, L. 2011a. Crecimiento, conversión

alimenticia y sobrevivencia de paco (*Piaractus brachypomus*) cultivado en estanques con y sin revestimiento de geomembranas en la Amazonía peruana. In: Núñez J, García-Dávila CR, Chu-Koo F & Porto J. (eds.). *Comunicaciones del II Workshop sobre Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. 148-154p.

Dañino, P.A.; Nash, R.L. & Chu-Koo, F. 2011b. Rendimiento productivo de la gamitana (*Colossoma macropomum*) cultivada en estanques con y sin revestimiento de geomembranas en la Amazonía peruana. In: Núñez, J, García-Dávila CR, Chu-Koo F & Porto J. (eds.). *Comunicaciones del II Workshop sobre Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura*. 155-161p.

Del Risco, M.; Velásquez, J.; Padilla, P.; Mori-Pinedo, L. & Chu-Koo, F. 2008. Efectos de tres niveles proteicos dietarios en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Folia Amazónica*, 17(1-2): 29-37.

Gomes, L.; Brandão, F.; Chagas, E.; Ferreira, M. & Lourenço, N. 2004. Efeito do volume do tanque-rede na produtividade de tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante a recria. *Acta Amazônica*, 34(1):111-113.

Lim, C.; Yildirim, M.; Welker, T. & Klesius, H. 2010. Growth performance, immune response, and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing various levels of vitamins C and E. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(1):35-48.

Li, M.H.; Minchew, C.H.D.; Oberle, D.F. & Robinson, E.H. 2010. Evaluation of glycerol from biodiesel production as a feed ingredient for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(1):130-136.

Lochmann, R.; Chen, R., Chu-Koo, F.; Camargo, C. & Kohler, 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.

Peterson, B.C.; Bosworth, B.G. & Small, B.C. 2010. Comparison of growth, body composition, and stress responses of USDA103, USDA403, industry, and fast-growing lines of channel catfish. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(1):156-162.

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.

Sanz, A. 2003 Metabolic effects of changes in dietary protein: carbohydrate ratio in eel (*Anguilla anguilla*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International* 10: 143-156.

Sink, T.D.; Lochmann, R.T. & Kinsey, N.R. 2010. Growth and survival of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fry fed diets with 36 or 45% total protein and all plant or animal protein sources. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41(1):124-129.

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) criados bajo tres densidades de cultivo. *Folia Amazónica*, 16(1/2): 35-45.

Tafur, G.J.; Alcántara, B.F.; Del Águila, P.M.; Cubas, G.R.; Mori-Pinedo, L. & Chu-Koo, F. Paco *Piaractus brachypomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el bujurqui-tucunaré, *Chaetobranchus semifasciatus* (Cichlidae). *Folia Amazónica*, 18(1-2): 97-104.

Tavares-Dias, M.; Sandrim, D.F.S.; de Moraes, F.R. & Carneiro, P.C.F. 2001. Physiological responses of tambaqui *Colossoma macropomum* (Characidae) to acute stress. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 27(1): 43–48