

# Análisis comparativo de tres dietas comerciales del tipo extruido en el crecimiento de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*) cultivados en estanques en el Centro de Investigaciones de Quistococha, Loreto, Perú

## Comparative analysis of three commercial diets of extruded type in the growth of gamitana fingerlings (*Colossoma macropomum*) grown in ponds at Quistococha Research Center, Loreto, Perú

Jorge A. Ayarza-Rengifo<sup>1</sup>, Ana Rodríguez-Veintemilla<sup>2</sup> y Yuri Ramírez-Cárdenas<sup>2</sup>

Recibido: octubre 2011

Aceptado: diciembre 2011

### RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Centro de Investigaciones de Quistococha (CIQ) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Loreto, Perú. Se evaluó el crecimiento y composición corporal de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*), alimentados con tres dietas comerciales extruidas (tratamientos) del tipo inicio: T1 Murveco (35% PB), T2 Purina (28% PB) y T3 IIAP (28% PB). La evaluación de las tres dietas se llevó a cabo en dos sistemas experimentales de cultivo. El primero, un sistema de recirculación, en el cual se utilizaron 90 alevinos, con peso promedio inicial de  $11,3 \pm 0,3$  g sembrados en 9 cubetas de 40 L a densidad de 10 peces/cubeta, y cultivados durante 8 semanas. No se observó efecto de las dietas en los principales índices de crecimiento y utilización del alimento evaluado ( $p > 0,05$ ); solo se observó diferencias significativas en el índice hepatosomático. El segundo experimento se llevó a cabo en 18 corrales de tierra de  $20 \text{ m}^2$ , cultivándose los alevinos de gamitana en dos densidades de siembra (1 y 2 peces/ $\text{m}^2$ ) y evaluándose el efecto de las mismas en tres dietas por triplicado durante 12 semanas. No se observó efecto de las dietas en los principales índices de crecimiento y utilización del alimento evaluado ( $p > 0,05$ ), solo se observó diferencias significativas por efecto de la densidad de cultivo en los índices biomasa final y biomasa ganada. En ambos experimentos se notó un incremento significativo de la proteína y grasa corporal como consecuencia del consumo de las dietas en estudio. Se concluye que las tres dietas tuvieron similar desempeño en la promoción del crecimiento y en la eficiencia alimenticia por lo que la decisión de cual dieta usar para fines de precría de gamitana (fase de inicio) queda a criterio de un previo análisis de costos de estas tres dietas.

**Palabras claves:** dietas comerciales, *Colossoma macropomum*, índices zootécnicos.

### ABSTRACT

This study was conducted at Quistococha Research Center, Research Institute of the Peruvian Amazon Loreto, Perú. We evaluated the growth and body composition of (*Colossoma macropomum*) gamitana fingerlings, fed three extruded commercial diets (treatments) of type initiate T1 Murveco (35% CP), T2 Purina (28% CP) and T3 IIAP (28% CP). The evaluation of the three diets was conducted in two experimental farming systems. The first, a recirculation system, which used 90 fingerlings with average initial weight of  $11,3 \pm 0,3$  g planted in nine (9) 40 L buckets density of 10 fish/tank, and cultured for 8 weeks. There was no effect of diets in the main indices of growth and feed utilization ( $p > 0,05$ ); only significant differences were observed in the hepato-somatic index. The second experiment was conducted in 18 pens of  $20 \text{ m}^2$  land, cultivating the gamitana fingerlings in two planting densities (1

<sup>1</sup> Maestría en Acuicultura. Cátedra Concytec en Acuicultura Tropical. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Los Rosales s/n, San Juan Bautista, Loreto, Perú. jayarza@hotmail.com

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas. UNAP. Iquitos, Loreto, Perú.

and 2 fish/m<sup>2</sup>) and evaluated the effect of these three diets in triplicate for 12 weeks. There was not any effect of diets in the main indices of growth and feed utilization ( $p > 0,05$ ), significant differences were observed only by the effect of culture density on the final biomass and biomass indices gained. In both experiments, it was noticed a significant increase in protein and fat from the consumption of diets in the study. It was concluded that all three diets had similar performance in promoting growth and feed efficiency at which the decision to diet used for purposes of pre-breeding gamitana (initial phase) is at the discretion of a previous cost analysis of these three diets.

**Key words:** commercial diets, *C. macropomum*, zootechnical indices.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha convertido en una actividad empresarial muy importante y necesaria para asegurar la calidad y cantidad en el suministro de pescado para consumo humano. La nutrición es un aspecto relevante en la acuicultura; en ocasiones se observa que los alimentos suministrados no contienen los nutrientes que las especies en cultivo requieren para su crecimiento óptimo, principalmente en los estadios de poslarva y alevino, que son las fases más críticas en todas las especies, debido a su alta probabilidad de mortalidad (Muñoz, 2000).

La fabricación de piensos mediante el proceso de extrusión mejora la disponibilidad de los carbohidratos de la dieta, pues el tratamiento termomecánico que se produce origina una completa gelatinización de los almidones que mejora su digestibilidad (Jeong *et al.*, 1991).

Considerando que la alimentación compromete hasta el 60% de los costos de producción en acuicultura, numerosos esfuerzos han sido dedicados para reducir los costos de formulación, utilizando insumos más baratos (Chu-Koo y Kohler, 2006).

Entre las décadas de 1980 y 1990 la piscicultura amazónica fue manejada desde un enfoque de producción extensiva con

finde de seguridad alimentaria, básicamente dirigida a mejorar la ingesta proteica y combatir los altos niveles de desnutrición de la población indígena y ribereña de los departamentos amazónicos (Alcántara *et al.*, 2004).

En el año 2005 el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) adquiere una máquina extrusora y la instala en el Centro de Investigaciones de Quistococha (CIQ) en Loreto. Ese mismo año, el IIAP introduce con éxito el uso del alimento extrusado en la alimentación de sus peces adultos (reproductores) y en el año 2006 inicia la comercialización de raciones extrusadas de tres tipos: inicio, crecimiento y engorde, para las especies paco y gamitana en el eje carretero Iquitos-Nauta (ECIN). También en el 2006, la empresa limeña Murveco Trading obtiene la buena pro para abastecer de alimento extrusado al proyecto "Factibilidad técnica y económica del cultivo de paiche (*Arapaima gigas*) en jaulas flotantes en la laguna Imiría, región Ucayali", ejecutado por el Gobierno Regional de Ucayali con la asistencia técnica del IIAP, y posteriormente, oferta raciones extrusadas para gamitana y paco en dicha región bajo el nombre comercial Nutrimix. En ese mismo año, la transnacional Purina se interesa por el crecimiento de la piscicultura de especies amazónicas e ingresa al mercado peruano con una línea de raciones extrusadas denominada Purigamitana (inicio, crecimiento y acabado) que se ha

convertido en la línea predominante en el mercado regional amazónico. De las tres líneas comerciales mencionadas, solamente las raciones producidas por el IIAP han sido empleadas en estudios nutricionales realizados con las especies gamitana y paco (Soberón, 2008).

Ni el efecto de las dietas en el crecimiento y composición corporal de los peces ni el beneficio económico del empleo de las dietas extrusadas en el cultivo de gamitana aún han sido discutidas en el Perú, por lo que se hace necesario la validación de las dietas existentes en cada fase de producción a fin de determinar la calidad de las mismas. En ese sentido, el propósito de este trabajo es iniciar esta labor, comparando la respuesta productiva de alevinos de gamitana, alimentados con tres dietas extrusadas del tipo inicio producidas y comercializadas por una empresa transnacional (Purina), una empresa capitalina (Murveco Trading) y una entidad estatal regional (IIAP), respectivamente.

Los hallazgos de esta investigación contribuirán no solo en la generación de conocimiento, también permitirá al productor acuícola usar adecuadamente el alimento comercial, minimizando costos en alimentos y por tanto mejores ganancias en su actividad económica.

## MATERIAL Y MÉTODO

Este trabajo fue desarrollado en el Centro de Investigaciones de Quistococha del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), a través del Programa de Investigación para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (Aquarec), entre los meses de febrero y abril de 2011. Esta investigación se realizó en dos medios experimentales de cultivo distintos:

Un **sistema de recirculación de cubetas**, en donde se evaluó el efecto de las tres dietas: Murveco (35% PB), Purina (28% PB) y IIAP (28% PB), sobre varios índices de crecimiento y utilización del alimento, así como en la composición corporal de alevinos de gamitana. El estudio se ejecutó en un sistema de recirculación cerrado; el sistema cuenta con tuberías y dispositivos para la recirculación del agua, así como filtros biológicos y filtros de rayos UV, indispensables para la renovación constante de agua, la eliminación de compuestos nitrogenados tóxicos y de la carga patógena que pudiera presentar el agua. El sistema tuvo oxigenación constante proveído por un blower de 1 HP y con movimiento de agua impulsada por una bomba de 1 HP. Contó con reguladores de temperatura y un termostato de 1,2 kW para cada tanque. Este sistema permitió contar con condiciones homogéneas del medio de cultivo.

Y otra etapa experimental en **estanques de tierra**, donde se evaluó el efecto de las mismas tres dietas de inicio con la adición de la variable de las densidades de cultivo (1 y 2 peces/m<sup>2</sup>), para analizar los índices de crecimiento y utilización del alimento, así como en la composición corporal de alevinos de gamitana criados en corrales, simulando condiciones de precría de alevinos. Esta etapa consistió en la utilización de 18 corrales de 20 m<sup>2</sup> (unidades experimentales), que fueron construidos dentro de 6 estanques de 60 m<sup>2</sup>, empleando malla mosquitero para delimitar los corrales. Cada estanque dio origen a tres corrales que eran permanentemente alimentados con agua proveniente de un sistema de derivación de agua de un manantial, producto de las escorrentías.

La alimentación en el sistema de recirculación por cubetas se efectuó una vez por día

(9:00 h) a razón del 3% de la biomasa existente en cada cubeta. Los peces fueron alimentados con sus respectivas dietas (Purigamitana, Murveco o IIAP) por un periodo de 60 días. Diariamente se sifoneó el fondo de las cubetas, 2 horas posalimentación, para recoger el alimento sobrante que posteriormente se colocaba en placas, previa rotulación para su traslado a una estufa para el secado a 65 °C por 24 horas. Mientras que la alimentación por el sistema de estanques de tierra se efectuó dos veces por día (8:00 y 15:00 h) los siete días de la semana, a razón del 3% de la biomasa existente en cada cubeta. Los peces fueron alimentados con sus respectivas dietas (Murveco, Purina o IIAP) por un periodo de 90 días. Se usó una tasa de alimentación inicial del 10% y luego del 1er muestreo fue modificada al 5% de la biomasa total hasta el final del proyecto.

Se evaluaron los índices zootécnicos descritos por Castell y Tiews (1980) a fin de verificar el crecimiento, el aprovechamiento del alimento proporcionado y el grado de bienestar de los peces.

Los análisis bromatológicos de los peces de ambos experimentos se realizaron en el Laboratorio de Bromatología y Limnología del Centro de Investigaciones de Quistococha. Allí se evaluó el efecto de las dietas en la composición corporal de los peces, determinándose los tenores de proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y material mineral (MM) de los peces al inicio y al final del experimento. En el experimento usando cubetas en sistema de recirculación, los factores fisicoquímicos del agua fueron medidos para determinar su influencia en el desarrollo y crecimiento de los peces. Los parámetros tomados a diario fueron los siguientes: temperatura, oxígeno disuelto y pH (oxímetro YSI 55 y pHmetro WTW 330i)

y quincenalmente se tomaron medidas de amonio, nitritos, alcalinidad, CO<sub>2</sub> y dureza total. El monitoreo de la calidad del agua en los estanques se realizó diariamente (07:00 y 15:00 h); se registraron datos de temperatura, oxígeno disuelto y pH, para lo cual se utilizó un oxímetro marca YSI 55 y un pHmetro marca WTW 330i. Quincenalmente se tomaron muestras de agua de las distintas unidades experimentales y se monitorearon parámetros de amonio, nitritos, alcalinidad, CO<sub>2</sub> y dureza total con ayuda de un kit para análisis de aguas dulces modelo AQ-2 marca LaMotte.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Sistema de recirculación de cubetas

#### a. Índices zootécnicos

Al final del experimento 1, los peces presentaron índices de crecimiento similares entre tratamientos, no existiendo diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en GP, GPD, TCE, TCR, independiente del tipo de pienso comercial utilizado. Tampoco se detectó efectos significativos ( $p > 0,05$ ) en los tratamientos dietarios sobre los cuatro indicadores de utilización del alimento (TCA, EA, TEP y UNPA) evaluados, tampoco en el factor de condición. Los niveles de sobrevivencia obtenidos fueron los esperados (100, 92,5 y 96,7% para T1, T2 y T3, respectivamente). El IHS fue el único parámetro que se vio afectado significativamente ( $p > 0,05$ ) por los tratamientos dietarios en esta fase. Los peces alimentados con Murveco presentaron niveles de IHS de 1,1, mientras que los peces alimentados con las dietas Purigamitana e IIAP alcanzaron valores promedio de 1,4 y 1,6 respectivamente. (Tabla 1).

**Tabla 1.** Índices zootécnicos promedio obtenidos en alevinos de gamitana (*C. macropomum*) en el experimento 1: alimentados con tres dietas extrusadas de inicio y criados en un sistema de recirculación durante 60 días.

	MURVECO	PURINA	IIAP	VALOR DE P
PCI (g)	11,1 ± 0,3	11,3 ± 0,5	11,5 ± 0,3	0,7631
PCF (g)	21,1 ± 1,1	21,2 ± 0,6	19,9 ± 1,4	0,6828
GP (g)	9,9 ± 0,9	9,9 ± 1,1	8,4 ± 1,1	0,5242
GPD (g)	0,20 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,17 ± 0,02	0,5137
TCE (%g/día)	0,90 ± 0,05	0,90 ± 0,11	0,77 ± 0,08	0,5214
TCR (%)	71,4 ± 6,5	71,0 ± 12,3	58,6 ± 10,2	0,6090
TCA	1,33 ± 0,03	1,40 ± 0,10	1,36 ± 0,20	0,9388
EA	0,77 ± 0,03	0,73 ± 0,06	0,77 ± 0,21	0,9464
TEP	2,7 ± 0,1	2,6 ± 0,2	1,9 ± 0,3	0,0655
UPNA (%)	50,8 ± 3,2	46,5 ± 3,8	42,5 ± 5,7	0,4539
K	1,57 ± 0,03	1,53 ± 0,03	1,53 ± 0,03	0,7290
IHS	1,6 ± 0,1 <sub>a,b</sub>	1,1 ± 0,1 <sub>c</sub>	1,4 ± 0,1 <sub>b,c</sub>	0,0090
S (%)	96,7 ± 3,3	100,0	92,5 ± 4,3	0,3130

Fuente: Aquarec-IIAP. Iquitos, Perú. 2008-2009.

**Leyenda:** PCI: peso corporal inicial, PCF: peso corporal final, GP: ganancia de peso, GPD: ganancia de peso diario, TCR: tasa de crecimiento relativo, TCE: tasa de crecimiento específico, TCA: índice de conversión alimenticia aparente, UPNA: utilización proteica neta aparente, TEP: tasa de eficiencia proteica, EA: eficiencia alimenticia, K: factor de condición, S: supervivencia, IHS: índice hepatosomático.

Si bien la tasa promedio de crecimiento relativo de los peces de los tratamientos Murveco e IIAP fueron 12,5%, superior a los peces del tratamiento Purina, esta diferencia no fue lo suficientemente grande según el Anova para otorgar la significancia estadística del caso, es decir, el crecimiento de los peces fue homogéneo con las tres dietas evaluadas; en términos prácticos, cualquiera de las dietas evaluadas producirá el mismo efecto en las tasas de crecimiento de los alevinos cuando se encuentran bajo las mismas condiciones de cultivo, independiente de su contenido proteico, presentación, origen o costo. Este resultado es de suma importancia al momento de elegir una dieta balanceada para un cultivo a escala comercial puesto que la alimentación demanda casi dos tercios de los costos de la acuicultura (Adelizi *et al.*, 1998; citado por Chu-Koo y Kohler, 2006).

En este estudio se comprobó también de la alta densidad utilizada (10 alevinos/40 litros). La utilización de las tres marcas de alimentos fue eficiente (72% de eficiencia proteica), respuesta muy similar a la encontrada para *Tilapia nilotica* alimentada con dietas suplementadas con 2000 y 500 mg de vitaminas C y E por kilogramo de ración respectivamente. Similares resultados se observaron para *Pangasius sp.* (bagre de canal), alimentado con dietas suplementadas con niveles de 5 hasta 20% de glicerol dietario (Lim *et al.*, 2010). A pesar de que los valores de TEP y UPNA obtenidos en las dietas IIAP y Murveco fueron más altas que en Purina, estos no se tradujeron en una real ganancia de peso que sea superior al rendimiento mostrado por los peces del tratamiento Purina, que indujo a que los peces tengan niveles de crecimiento homogéneo (GP, TCE y TCR). Los valores TEP ob-

tenidos en esta investigación fueron similares a los TEP observados en dos lotes de variedades seleccionadas de *Pangasius* sp. Pero también fueron superiores a los reportados por Peterson *et al.* (2010).

En cuanto al efecto de los tratamientos dietarios sobre los niveles de IHS, se observó que los peces alimentados con la dieta Murveco acumularon menos grasa material de reserva en el hígado en comparación con los peces de los otros dos tratamientos. Los valores de IHS obtenidos con las dietas IIAP y Purina podrían ser calificados como inapropiados de acuerdo con lo sugerido por Bastardo *et al.* (2007), quienes suponen que valores de IHS mayores a 1 indican un deterioro de la condición del hígado. Sin embargo, existen numerosos trabajos que muestran valores de IHS por encima de 1, como el reportado por Lim *et al.* (2010) que determinaron valores de IHS entre 1,34 y 1,56 en el bagre de canal, y por Lochmann *et al.* (2009), quienes reportan valores de IHS entre 1,18 y 1,83 en gamitana alimentada con dietas ricas en carbohidratos provenientes de las harinas de trigo, yuca, pijuayo y plátano; y cultivadas en condiciones similares al presente estudio. En otros estudios, donde generalmente se trabajan con dietas con altos contenidos de grasa, incluso se llega a observar niveles de IHS por encima de 1,9, como en *Netya schomburgki* (banda negra) (Villa y García, 2009), *Piaractus brachypomus* (paco) (Lochmann *et al.*, 2009) y *Pangasius* sp. (Lim *et al.*, 2010).

## b. Composición corporal

La composición corporal de proteína bruta (PB), contenido de ceniza (MM) y extracto etéreo (EE) de los peces al final

del experimento 1 fue significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) a los valores iniciales. El contenido corporal de proteína fue 4 a 5% mayor al final del estudio. En lo que respecta a la grasa corporal se pudo observar que los peces alimentados con la dieta IIAP presentaron similar contenido de grasa y cenizas que los peces alimentados con la dieta Murveco, pero que estos niveles fueron superiores a los observados en los peces del tratamiento Purigamitana (Tukey:  $\alpha = 0,05$ ). (Tabla 2).

## c. Calidad de agua

Salvo un ligero nivel de acidez del agua, consideramos que los parámetros de calidad de agua registrados en el experimento 1 estuvieron dentro del rango óptimo para el cultivo de la gamitana. (Tabla 3).

## Sistema de cultivo en estanques de tierra

### a. Índices zootécnicos

Los índices de crecimiento (PF, GP, GPD y TCE) estimados en este experimento no fueron influenciados significativamente ( $p > 0,05$ ) por las dietas, tampoco por la densidad de cultivo. De modo similar, los índices BF y BG no fueron influenciados significativamente ( $p > 0,05$ ) por ninguno de los tres tipos de dieta empleados; sin embargo, sí fueron significativamente influenciados por la densidad de cultivo ( $p > 0,05$ ), siendo la producción en biomasa de la densidad de 2 peces/m<sup>2</sup> y la dieta Murveco superior a la producción obtenida con las otras dietas. El IHS de los peces no se vio afectado ni por las dietas ni por las densidades de cultivo empleadas. En el rendimiento productivo se observó que aparentemente el tratamiento T1 (Murveco) presenta mejores resultados de crecimiento y ganancia de peso en ambas densidades. (Tabla 4).

**Tabla 2.** Composición corporal de proteína, grasa y cenizas de los alevinos de *C. macropomum* en el experimento 1: peces alimentados con tres dietas extrusadas de inicio y criados en un sistema de recirculación durante 60 días.

	PROTEÍNA	GRASA	CENIZAS
Inicio	58,3a	8,5a	17,8a
IIAP	62,6b	14,6d,c	15,2d,c
Murveco	63,5b	13,8c,b	14,3c,b
Purina	62,8b	12,4b	13,1b
Error estándar agrupado	0,32	0,47	0,31
Valor de P	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Fuente: Aquarec-IIAP. Iquitos, Perú. 2008-2009.

**Tabla 3.** Valores promedios de los parámetros de calidad de agua registrados en el experimento 1. Peces alimentados con tres dietas extrusadas de inicio y cultivados en un sistema de recirculación durante 60 días.

CALIDAD DE AGUA	VALORES
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,5 ± 0,2
Temperatura (°C)	28,1 ± 0,04
pH (upH)	5,4 ± 0,1
Nitritos (ppm)	<0,05
Amonio (ppm)	0,3
Dureza total (ppm)	19,0 ± 1,6
CO <sub>2</sub> (ppm)	8,5 ± 0,5
Alcalinidad (ppm)	22,2 ± 1,5

Fuente: Aquarec-IIAP. Iquitos, Perú. 2008-2009.

**Tabla 4.** Datos de crecimiento, utilización del alimento y sobrevivencia (promedio) de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*), obtenidos en el experimento 2. Peces alimentados con tres dietas extruidas comerciales de inicio y cultivados bajo dos densidades de siembra (1 y 2 peces/m<sup>2</sup>) durante 90 días.

ALIMENTO	DENSIDAD (pez/m <sup>2</sup> )	PF (g)	GP (g)	GPD (g/d)	TCE	ICAA	BF (g)	BG (g)	TS (%)	IHS
IIAP	1	102,9	98,5	1,09	3,48	1,23	2058,2	1969,6	100,0	2,18
IIAP	2	114,5	111,0	1,23	3,86	1,20	4581,2	4226,2	100,0	2,33
Murveco	1	128,0	123,8	1,38	3,77	1,01	2560,2	2478,6	100,0	1,73
Murveco	2	126,9	122,3	1,36	3,70	1,23	5075,3	4890,3	100,0	1,92
Purina	1	94,0	89,5	0,99	3,38	1,10	1879,0	1790,2	100,0	2,38
Purina	2	106,4	102,4	1,13	3,64	1,49	4256,8	4095,5	100,0	2,41

#### ESTADÍSTICA

¿Efecto del alimento?	0,1660	0,1610	0,1610	0,6784	0,4057	0,0704	0,0536	---	0,1160
¿Efecto de la densidad?	0,5047	0,4819	0,4819	0,5601	0,0775	<0,0001	<0,0001	---	0,5645
¿Interacción (alimento x densidad)?	0,8571	0,8294	0,8294	0,3541	0,2585	0,9626	0,9621	---	0,9449

Fuente: Aquarec-IIAP. Iquitos, Perú. 2008-2009.

**Leyenda:** PF: Peso final, GP: Ganancia de peso, GPD: Ganancia de peso diario, TCE: Tasa de conversión específica, ICAA: Índice de conversión alimenticia aparente, BF: Biomasa final, BG: Biomasa ganada, S: Supervivencia, IHS: Índice hepatosomático.

En el experimento 2 se muestra además, que a pesar que la ganancia de peso final con el tratamiento Murveco (123,5 g) fue superior a aquellas obtenidas con los tratamientos IIAP y Purina, con promedios de 18,3 y 27,1 g respectivamente, estas diferencias no fueron lo suficientemente grandes según el Anova para otorgar la significancia estadística del caso. El crecimiento de los peces fue homogéneo con las tres dietas evaluadas y en las dos densidades de cultivo empleadas. Por tanto, cualquiera de las dietas de inicio evaluadas producirá el mismo efecto en las tasas de crecimiento de los alevinos de esta especie cuando se encuentren bajo las mismas condiciones de cultivo, independiente de su contenido proteico de las dietas, presentación, origen o costo.

En los únicos índices en los que se observó diferencias significativas, como era de esperar, fueron en los de biomasa final y biomasa ganada, obteniéndose mejores resultados en los peces de la dieta Murveco cultivada a la densidad de 2 peces/m<sup>2</sup>.

La ganancia de peso observada en este experimento fue similar a los resultados obtenidos por Lochmann *et al.* (2009), trabajando con las especies gamitana y paco en los Estados Unidos de América, pero superiores a los observados por Da Silva *et al.* (2006), en gamitana.

Otros indicadores importantes analizados en esta investigación son las altas tasas de crecimiento específico, independientes de la densidad de cultivo empleada. Asimismo, los excelentes índices de conversión alimenticia aparente observadas, sobre todo en la dieta Murveco (promedio de 1,12), que indican una buena aceptación y utilización de este alimento; los resultados son muy simila-

res a los obtenidos por Silva-Acuña y Guevara (2002) y Da Silva *et al.* (2006), que usaron dietas extrusadas en esta especie o en sus híbridos. Los ICAA obtenidos en este estudio son por lo general mejores a los ICAA observados en estudios realizados en gamitana alimentados con dietas peletizadas (Padilla, 2000; Chuquipiondo y Galdós, 2005; Casanova, 2009; Lochmann *et al.*, 2009) y extrusadas (Gomes *et al.*, 2006; Chagas *et al.*, 2006; Soberón *et al.*, 2007). Estos resultados son de suma importancia al momento de elegir una dieta balanceada para un cultivo a escala comercial, puesto que la alimentación demanda casi dos tercios de los costos de la acuicultura (Adelizi *et al.*, 1998; citado por Chu-Koo y Kohler, 2006).

Respecto a los valores TCE, estos no disminuyeron por efecto del aumento de la densidad como sugiere Wicki (2002), posiblemente debido a que las densidades de cultivo empleadas en esta tesis no exhibieron diferencias de gran magnitud. Por otro lado, los niveles de TCE obtenidos en este experimento son sorprendentemente altos, demostrando un gran nivel de crecimiento de la especie con las tres dietas y en las dos densidades evaluadas. Los resultados que se muestran en esta investigación son incluso superiores a los observados en gamitana por Padilla (2000), Chuquipiondo y Galdós (2005), Soberón *et al.* (2007), Casanova (2009), Lochmann *et al.* (2009). Por otro lado, los niveles de GPD son ampliamente superiores a los reportados en paco y gamitana por Saint-Paul (1986), Ximenes-Carneiro (1991), Rebaza *et al.* (2002), Chuquipiondo y Galdós (2005), Soberón *et al.* (2007), pero similares a los de Padilla (2000), e inferiores a los de Chu-Koo y Kohler (2006), Casanova (2009). Los resultados del

factor de condición (K) muestran valores superiores a 2, lo cual indica el buen estado fisiológico de los peces durante el estudio. Finalmente, las altas tasas de sobrevivencia confirman su rusticidad y fácil adaptación a diferentes condiciones de cultivo. Estos altos niveles de sobrevivencia ya han sido reportados por otros autores (Aride *et al.*, 2006; Gomes *et al.*, 2006; Chagas *et al.*, 2006) y también han sido reportados en otras especies como el bagre de canal (Sink *et al.*, 2010). Los valores de IHS obtenidos en el experimento 2 fueron más altos (mayores de 2) en los peces que consumieron la dieta Murveco (1,83 en media). Sin embargo, existen numerosos trabajos que muestran valores de IHS por encima de 2 y que son absolutamente normales (Lochmann *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2010).

## b. Composición corporal

La composición corporal de proteínas, grasas y cenizas de los peces, indican claras diferencias entre el inicio y el final ( $p < 0,05$ ) del experimento. El contenido proteico de los peces alimentados con la

dieta Murveco (en ambas densidades de cultivo) fue ligeramente superior a lo observado en los peces de los tratamientos IIAP 1 y Purina 1, solamente. No se observó efecto alguno de los tratamientos dietarios o de la densidad en el contenido corporal de grasa de los peces al final del experimento. Al contrario de lo que sucedió con el contenido de proteínas y grasas, el contenido mineral de los peces al término del experimento 2 se redujo notoriamente en todos los tratamientos evaluados. (Tabla 5).

## c. Calidad de agua

La tabla 6 presenta los promedios de los parámetros de calidad de agua. A pesar de que algunos parámetros, como dureza total, presentaron valores disímiles entre estanques; generalmente se observó que en la mayoría de los parámetros evaluados: temperatura, oxígeno disuelto, pH, nitritos, amonio, alcalinidad y CO<sub>2</sub> presentaron niveles similares entre estanques, valores que se encuentran dentro de los rangos óptimos de cultivo para gamitana.

**Tabla 5.** Composición corporal de proteína, grasa y cenizas, obtenida en alevinos de *C. macropomum*, en el sistema de cultivo en estanques de tierra alimentados con tres dietas extrusadas de inicio y criados bajo dos densidades de siembra (1 y 2 peces/m<sup>2</sup>) durante 90 días.

	PROTEÍNA	GRASA	CENIZAS
<b>Inicio</b>	58,3a	8,5a	17,8c
<b>IIAP 1</b>	61,6b,c	14,2b	13,2a
<b>IIAP 2</b>	61,1b	14,3b	15,5b
<b>Murveco 1</b>	63,2c	13,5b	13,4a
<b>Murveco 2</b>	63,9c	13,9b	14,3b,a
<b>Purina 1</b>	61,4b	13,9b	13,6a
<b>Purina 2</b>	61,7b,c	12,6b	13,3a
<b>Error estándar agrupado</b>	0,35	0,37	0,31
<b>Valor de P</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>

Fuente: Aquarec-IIAP. Iquitos, Perú. 2008-2009.

**Tabla 6.** Parámetros de calidad de agua (promedio  $\pm$  desviación estándar) registrados en el experimento 2. Peces alimentados con tres dietas extrusadas de inicio y cultivados bajo dos densidades de siembra (1 y 2 peces/m<sup>2</sup>) durante 90 días.

PARÁMETROS	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Temperatura (°C)	28,1 $\pm$ 1,1	28,4 $\pm$ 1,3	28,8 $\pm$ 1,2	28,7 $\pm$ 1,2	28,8 $\pm$ 1,2	28,8 $\pm$ 1,2
Oxígeno disuelto (mg/l)	6,7 $\pm$ 1,9	6,4 $\pm$ 1,7	6,9 $\pm$ 1,7	7,4 $\pm$ 1,7	7,0 $\pm$ 1,6	6,9 $\pm$ 1,7
pH (upH)	6,3 $\pm$ 0,4	6,3 $\pm$ 0,4	6,5 $\pm$ 0,4	6,4 $\pm$ 0,4	6,6 $\pm$ 0,5	6,4 $\pm$ 0,4
Transparencia (cm)	49,0 $\pm$ 9,6	59,0 $\pm$ 8,4	57,0 $\pm$ 1,3	51,0 $\pm$ 7,3	40,0 $\pm$ 3,3	51,0 $\pm$ 7,3
Nitritos (ppm)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Amonio (ppm)	0,3	<0,2	0,3	<0,2	0,3	<0,2
Dureza total (ppm)	31,0 $\pm$ 1,6	20,0 $\pm$ 1,4	19,0 $\pm$ 1,6	27,0 $\pm$ 4,1	31,3 $\pm$ 4,0	31,5 $\pm$ 1,6
CO <sub>2</sub> (ppm)	8,0 $\pm$ 0,8	8,5 $\pm$ 0,1	8,2 $\pm$ 0,5	6,5 $\pm$ 0,9	7,1 $\pm$ 0,5	8,6 $\pm$ 0,8
Alcalinidad (ppm)	39,0 $\pm$ 1,4	22,0 $\pm$ 1,5	22,0 $\pm$ 1,5	20,0 $\pm$ 0,8	20,5 $\pm$ 2,9	22,4 $\pm$ 1,5

Fuente: Aquarec-IIAP. Iquitos, Perú. 2008-2009.

## CONCLUSIONES

1. Ninguna de las tres dietas comerciales del tipo inicio evaluadas en ambos experimentos mostró ser absolutamente superior en cuanto a sus efectos sobre los índices de crecimiento, conversión y eficiencia alimenticia en esta especie.
2. La dieta Murveco presentó niveles más adecuados de IHS en ambos experimentos.
3. En el experimento 2, la densidad de siembra solo influyó en los índices de biomasa final y biomasa ganada, obteniéndose mejores resultados en los peces de la dieta Murveco cultivada a la densidad de 2 peces/m<sup>2</sup>.
4. En ambos experimentos se comprobó un alto nivel de conversión alimenticia de los tres alimentos evaluados.
5. En ambos tratamientos dietarios evaluados se produjo un incremento de proteína y grasa corporal, así como una disminución notoria del contenido mineral de los peces al final del estudio.

## RECOMENDACIONES

1. Si bien es cierto que las tres dietas evaluadas en el presente estudio fueron muy similares en la promoción del crecimiento de la gamitana, se recomienda realizar un análisis de costos antes de seleccionar una de ellas.
2. Conducir estudios que evalúen la digestibilidad y palatabilidad *in vivo* de las dietas estudiadas no solo en gamitana, sino también en paco y sábalo.
3. Continuar la validación de las dietas de estas tres marcas comerciales en los estadios siguientes: crecimiento y engorde o acabado, a fin de culminar el trabajo iniciado con este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara F, Chávez C, Rodríguez L, Kohler C, Kohler S, Camargo W, Colace M, Tello M. 2004. Gamitana, *Colossoma macropomum* and paco, *Piaractus brachypomus* culture in floating cages in Peruvian Amazon. World Aquaculture Society Magazine, 34 (4): 22-24 pp.

- Aride PHR, Roubach R, Nozawa SR, Val AL. 2006. Tambaqui growth and survival when exposed to different photoperiods. *Acta Amazónica*, 36(3): 381-384 pp.
- Bastardo H, Medina A, Bianchi G. 2007. Utilización de proteína no convencional en dietas para iniciador de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*. Sitio argentino de producción animal. Instituto de Investigaciones Agrícolas.
- Casanova R. 2009. Inclusión del polvillo de malta de cebada (*Hordeum vulgare*) en dietas para juveniles de gamitana (*Colossoma macropomum*) cultivados en estanques de tierra. Tesis para optar el título de biólogo.
- Castell JD, Tiews K. 1980. Report on the EIFAC, IUNS and ICES working group on the standarization of methodology in fish nutrition research. Hamburg, Federal Republic of Germany, EIFAC Technical Paper.
- Chagas C, Gomes C, Martins H, Roubach R. 2006. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. *Ciencia Rural (Santa Maria)*, 37(4): 1109-1115 pp.
- Chu-Koo F, Kohler C. 2006. Factibilidad del uso de tres insumos vegetales en dietas para gamitana *Colossoma macropomum*. Libro de Resúmenes del América Aquaculture. Las Vegas. Estados Unidos. 187 pp.
- Chuquipiondo J, Galdós R. 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. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 78 pp.
- Da Silva D, Gomes C, Roubach R. 2006. Growth, yield, water and effluent quality in ponds with different management during tambaqui juvenile production. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira (Brasilia)*. 42(5): 733-740 pp.
- Gomes C, Chagas C, Martins H, Roubach R, Ono A, Lourenco P. 2006. Cage culture of tambaqui *Colossoma macropomum* in a central Amazon floodplain lake. *Aquaculture*, 253: 374-384 pp.
- Jeong T, Takeuchi T, Watanabe T. 1991. Improvement of nutritional quality of carbohydrate ingredients by extrusion process in diets of red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, 1543-1549 pp.
- Li MH, Minchew CHD, Oberle DF, Robinson EH. 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 pp.
- 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 pp.
- 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 brachipomus*.

- Journal of the World Aquaculture Society, 40(1): 33-44 pp.
- Muñoz M. 2000. Alimento vivo para peces. En: Revista Facultad de Ciencias Básicas. Vol. 2(1). 43 pp.
- Padilla P. 2000. Efecto del contenido proteico y energético de dietas en el crecimiento de alevinos de gamitana *Colossoma macropomum*. En: Folia Amazónica Vol. 10 (1-2). 81-90 pp.
- Peterson BC, Bosworth BG, Small BC. 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 pp.
- 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 pp.
- Saint-Paul U. 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes a review. Aquaculture, 54: 205-240 pp.
- Silva-Acuña A, Guevara M. 2002. Evaluación de dos dietas comerciales sobre el crecimiento del híbrido de *Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*. En: Zootecnia Tropical, 20(4): 449-459 pp.
- Sink TD, Lochmann RT, Kinsey NR. 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 pp.
- Soberón E, Chu-Koo F, Alcántara 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 pp.
- Soberón E. 2008. Efectos de la densidad de cultivo sobre el crecimiento, composición corporal y parámetros hematológicos de juveniles de gamitana, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Pisces, Serrasalmidae) cultivados en jaulas flotantes. Trabajo de tesis para optar el título profesional de biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Villa J, García J. 2009. Uso de la harina de sacha inchi, *Plukenetia volubilis* (Euphorbiaceae) en dietas para alevinos de banda negra, *Myleus schomburgkii* (Pisces, Serrasalmidae) criados en jaulas en el Centro de Investigación, Experimentación y Enseñanza - Piscigranja Quistococha. Tesis para optar el título de biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas-UNAP. 46 pp.
- Wicki G. 2002. Cultivo y producción de pacú (*Piaractus mesopotamicus*): incidencia de dos dietas de diferente composición y la densidad de siembra en sistemas de cultivo semiintensivo. Tesis de maestría de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. 81 pp.
- Ximenes-Carneiro A. 1991. Elaboração e uso de ensilado biológico de pescado na alimentação de alevinos de tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). Tese de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade de Amazonas. Manaus-Brasil. 81 pp.