

EVALUACIÓN DE DIETAS CON DIFERENTE CONTENIDO PROTEICO SOBRE EL DESEMPEÑO PRODUCTIVO DE ALEVINES DEL HÍBRIDO CACHAMAY (*Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachypomus* ♀) EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO

Evaluation of Diets With Different Protein Content on the Productive Performance of Fry of the Hybrid Cachamay (*Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachypomus* ♀) in Captivity

Juan Pablo Uzcátegui-Varela^{1*}, Xiulingy Méndez², Fernando Isea² y Ramón Parra³

¹ Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús María Semprum" (UNESUR) Núcleo La Victoria, Estado Mérida, 5142, Venezuela. ² Grupo de Investigación en Acuicultura y Zoología Aplicada, UNESUR Santa Bárbara de Zulia, Venezuela.

³ Departamento de Producción e Industria Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. *uzcateguij@unesur.edu.ve

RESUMEN

Se evaluó el efecto de dietas isocalóricas con diferente contenido proteico sobre el desempeño productivo de alevines del híbrido Cachamay (*Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachypomus* ♀) en condiciones de cautiverio. En este sentido, se formularon dietas con similar contenido energético (2,7 kcal ED/g) al 20; 22; 24 y 26% de proteína cruda (PC), y se compararon con una dieta de balanceado comercial al 28% PC como testigo. Para el ensayo, 200 alevines de 16 semanas de edad (promedio de peso húmedo de 14,76 ± 2,51 g y longitud estándar 8,52 ± 0,02 cm), todos provenientes del mismo desove, se distribuyeron en acuarios plásticos de 68 L a razón de 10 organismos cada uno durante 63 días manteniendo en constante monitoreo las variables ambientales. Fue empleado un diseño completamente aleatorizado, unifactorial de cinco niveles y cuatro repeticiones. Las dietas experimentales se formularon mediante análisis numérico utilizando caseína como fuente proteica, harina de maíz amarillo y subproducto de trigo como fuente energética. Cada materia prima, así como las dietas terminadas, se sometieron a análisis proximal, según la AOAC (1990). Se evaluó el efecto del nivel proteico sobre el incremento de peso, talla, tasa de crecimiento específica, factor de conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, supervivencia, índice de eficacia proteica entre otros. Al término del ensayo se

reportó un incremento significativo (ANOVA P<0,05) para el peso húmedo total, longitud estándar y consumo de alimento entre tratamientos, siendo la dieta al 26% PC la que arrojó los mejores indicadores de productividad sobre las variables zootécnicas; sin embargo, para la variable factor de conversión alimenticia (FCA), los tratamientos al 20 y 22% PC resultaron ser estadísticamente iguales y con el mayor valor para FCA. Por su parte, con la dieta al 24% PC se alcanzó el efecto promedio, mientras que la dieta al 26% de PC y el testigo fueron estadísticamente similares con el menor valor de FCA.

Palabras clave: Acuicultura, alevín, nutrición piscícola, peces tropicales, proteína dietaria.

ABSTRACT

The effect of isocaloric diets with different protein content on the productive performance of fry of the hybrid Cachamay (*Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachypomus* ♀) in captivity was evaluated. For these diets with similar energy content (2.7 kcal ED/g) and 20, 22, 24 and 26% crude protein (CP) were formulated and compared with a commercial feed (28% CP as control). For the assay 200 fry of 16 weeks (old average wet weight 14.76 ± 2.51 g standard length 8.52 ± 0.02 cm), all from the same spawning were distributed into plastic aquaria of 68 L, with 10 individuals each, for 63 days maintaining a constant monitoring of environmental variables. A completely randomized unifactorial of five levels and four

replicates was employed. The experimental diets were formulated by numerical analysis, using casein as a protein source, and yellow corn and wheat flour energy sources. Proximal analysis of each raw material and the finished feed were performed according to AOAC (1990). The effect of protein level on weight gain, length, specific growth rate, feed conversion, feed efficiency, survival, protein efficiency ratio among others, were analyzed at the end of the study (ANOVA $P < 0.05$) were found for total wet weight, standard length and feed intake between treatments with the 26% CP diet providing the best productivity indicators on zootechnical variables. However, for variable feed conversion (FC), treatments at 20 and 22% CP were statistically similar and provided the best FC values. The diet at 24% CP resulted in an average effect, while the diet at 26% CP and the control were statistically similar with and slowed the lowest FC value.

Key words: Aquaculture, fry, fish nutrition, tropical fish, dietary protein.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existen producciones pecuarias no convencionales, cuyo beneficio comercial no entra en los típicos circuitos ganaderos, pero que constituyen una opción de mercado emergente con gran futuro. Desde 1990, nuevas tendencias por parte del consumidor de proteína animal han marcado un panorama distinto para la comercialización agropecuaria, entre ellos, la piscicultura, un sistema pesquero que viene alcanzando el mayor impulso económico sustentable en el mundo, basado en su importante potencial como garante de seguridad alimentaria [10, 21]. En Venezuela, las condiciones ambientales favorecen la explotación sustentable de peces continentales como *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachipomus* y sus híbridos: un producto pesquero comercializable en diferentes presentaciones de alto valor nutritivo [24]. Aún así, la industria piscícola nacional no concreta estrategias zootécnicas que estandaricen el correcto funcionamiento del sistema de producción, específicamente los requerimientos proteicos de la especie. La práctica de alimentación de los peces en cautiverio comercial sigue siendo un elemento clave para el éxito o fracaso de una granja piscícola. El consumo de alimento balanceado es el factor económico de mayor impacto en los costos de producción, no solo por el elevado valor que representa, sino también, por las actuales complicaciones de acceso al mismo, sin obviar la complejidad nutricional de los peces, los cuales, son alimentados a base de dietas purificadas debidamente formuladas en función de requerimientos estándares ya tabulados. Gran parte de los piscicultores, no conocen con exactitud las necesidades nutricionales de la especie por ellos explotada, lo cual hace necesario prestar atención a la dieta [23]. La evidente expansión y mejora de la industria piscícola exige permanentes avances enfocados en la formulación de dietas balanceadas de alta eficiencia, considerando variables

como relación energía/proteína, para lograr el máximo crecimiento y menor mortalidad posible entre el lote. La proteína constituye, el nutriente más importante que afecta la productividad del pez, pero a su vez, representa el ingrediente más costoso en la formulación. Finalmente, no está de más tener en cuenta, que la tasa de crecimiento, la reducción del impacto medioambiental y el bienestar animal son en buena medida, dependientes del tipo de alimento empleado y de cómo éste se suministre a los peces [18, 23, 29].

MATERIALES Y MÉTODOS

Período de aclimatación: Los alevines del híbrido *Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachipomus* ♀ fueron transportados en bolsas de polietileno con atmósfera saturada de oxígeno [2] desde la Estación piscícola "Turiba" ubicada en el sector Otopum, estado Barinas-Venezuela 7°41'05" N; 71°20'04" O con temperatura media de 32°C, humedad relativa 84,75% y altitud 337 msnm según datos tomados de la estación meteorológica marca Celestron® de la misma unidad de producción, hasta las instalaciones del laboratorio de Acuicultura en la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR) Santa Bárbara de Zulia 9°00'00" N; 71°55'00" O [24]. Seguidamente, las bolsas plásticas (herméticas) se colocaron durante 15 minutos dentro de los acuarios preparados previamente para el ensayo con el objeto de aclimatar a los alevines. Luego, las bolsas fueron abiertas con cuidado y se dio libertad a los peces dentro del acuario para el ajuste de parámetros fisicoquímicos del agua [8]. En total, 200 crías del híbrido *C. macropomum* ♂ x *P. brachipomus* ♀ de 16 semanas (sem) de edad, con peso húmedo promedio de 14,76 ± 2,51 g y longitud estándar de 8,52 ± 0,02 cm, se sometieron durante dos sem a un período de aclimatación en acuarios plásticos con capacidad de 68 L provistos de aireación constante y temperatura de 28,37 ± 0,34 °C. Durante esta etapa, la alimentación se efectuó con una mezcla comercial al 28% de proteína cruda (PC) suministrada al 5% de su biomasa en horario fijo dos veces al día (d) (9:00 y 16:00 h) y a saciedad con recambio de agua d por medio [2].

Período experimental: Superada la aclimatación, los alevines se pesaron sobre una balanza electrónica marca Ohaus, modelo Travalor Germany®, sensibilidad 0,01 g en grupo, de 10 organismos, los cuales se distribuyeron en 20 acuarios rotulados siguiendo el diseño experimental organizado en cinco tratamientos a saber: T1: 20% PC, T2: 22% PC, T3: 24% PC, T4: 26% PC y T5: 28% PC (testigo) con cuatro repeticiones cada uno. El ensayo se desarrolló durante 63 d (etapa de pre-cría) [13, 28]. Cada grupo de peces fue alimentado a saciedad bajo igualdad de horario al periodo de aclimatación.

Calidad del agua: Se monitorearon semanalmente los valores de temperatura 27,75 ± 0,34 °C (termómetro Brannan®, ± 0,1), pH 7,3 ± 0,2 (pH-metro Corning®, ± 0,1); dureza > 40 ppm, concentración de nitritos y amoníaco <0,02 ppm

[1], oxígeno disuelto 6,17 mg/L \pm 0,42 (oxímetro YSI® modelo 57, precisión \pm 0,1), cloro 1,20 \pm 0,01 mg/L [1], conductividad eléctrica en 119,83 \pm 0,38 μ Siemens/cm (Hach Conductivity/Tas Meter, \pm 0,1) y el total de sólidos disueltos 0,41 \pm 0,04 g/L (Hach Conductivity/Tas Meter, 0,1).

Dietas y alimentación: Se formularon y elaboraron cuatro dietas experimentales con contenido de 20; 22; 24 y 26% de PC e isocalóricas (2,7 kcal de ED/g) a partir de ingredientes purificados y tradicionales siguiendo los protocolos metodológicos recomendados por la literatura [13, 18, 24, 26]. Se empleó como dieta testigo, el alimento balanceado comercial marca Vitalim C.A., Cachavit al 28% de PC para verificar la adaptabilidad de los peces a las condiciones del ensayo, más no como tratamiento exploratorio. Para el presente ensayo se utilizó: a) caseína como base proteica (AAE: Met 2,91; Lys 8,06; Thr 4,14; Arg 3,43; I-leu 5,02; Leu 9,34; Val 6,54; His 3,10; Phe 5,02. Caseína de leche bovina (*Bos taurus*), SIGMA-ALDRICH C7078; b) harina de maíz (*Zea mays*) amarillo y afrechillo de trigo (*Triticum spp.*) (carbohidratos); c) aceite de pescado (lípidos); d) premezcla de vitaminas y minerales, y e) carboximetilcelulosa (CMC) un ligante para la aglutinación del gránulo [14, 27]. Se diseñó una hoja de cálculo Microsoft Excel para el cálculo de la cantidad de ingrediente a utilizar en la formulación, según el porcentaje de proteína requerido. Las dietas experimentales se elaboraron en el laboratorio de usos múltiples de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” (UNESUR), Núcleo La Victoria estado Mérida 08°25'28.32" N; 71°36'7.54" O. Cada ingrediente fue pesado y luego mezclados (los sólidos) por 15 min hasta obtener una mezcla homogénea. A continuación se añadió aceite de pescado y agua destilada (600 mL/kg de ingrediente) para homogeneizar el compuesto haciendo uso de un procesador de alimentos marca Gluten-Germany® capacidad 0,72 L durante 5 min [27]. El producto obtenido se introdujo en un molino eléctrico para carne marca Eurochef® modelo 363103-China, dando origen a tiras cilíndricas, que fueron distribuidas sobre una superficie metálica (bandeja) para su secado en una estufa ventilada marca Globe® modelo A030-USA capacidad de 30 L. La temperatura fue constante a 65°C durante 24 h [3]. Finalizado el periodo de secado, las dietas se sometieron una vez más al molino eléctrico para carne (rodillo sinfin) para reducir su tamaño y ser tamizadas a partes de 2 mm (tamaño del gránulo) y de 1 mm para el descarte de partículas muy pequeñas [27]. El análisis proximal de las dietas experimentales se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela, con el propósito de verificar el porcentaje proteico.

Composición analítica de las dietas: La evaluación química incluyó el contenido proteico y extracto etéreo (EE) en los alimentos terminados, como control en la verificación de las proporciones nutricionales esperadas. Los análisis arrojaron el contenido de humedad, PC, fibra cruda (FC), EE, ceniza y extracto libre de nitrógeno (ELN). Cada uno de ellos estuvo

apoyado en protocolos metodológicos estandarizados que sugiere la literatura especializada [3, 16, 22, 23].

Parámetros de crecimiento, supervivencia y eficacia proteica: Se registró el peso y longitud de los alevines a los 0; 20 y 63 d del ensayo a la totalidad de organismos [8]. La alimentación se suspendió 24 h antes que los alevines fuesen pesados para asegurar la completa evacuación gástrica [20]. Se midió el incremento de peso, tasa de crecimiento específico, crecimiento relativo, factor de conversión alimenticia (FCA), eficiencia alimenticia (EA), supervivencia e índice de eficacia proteica (IEP).

Análisis estadístico: Se empleó un diseño completamente aleatorizado con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza utilizando el test de Tukey para comparaciones múltiples de medias ($P < 0,05$) y procesados en el programa estadístico SAS® versión 9.0 [25] bajo ambiente Windows. Modelo: $Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antecedentes bibliográficos con respecto a la nutrición del híbrido *Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachypomus* ♀ en condiciones experimentales son escasos, por lo que los resultados obtenidos fueron respaldados con reportes realizados en peces continentales bajo condiciones tropicales y estudios con las especies individuales que integran el cruce.

Composición bromatológica de las dietas experimentales: Cada uno de los ingredientes utilizados cumplió con los estándares recomendados para la alimentación de peces continentales [7]. La composición porcentual (ingredientes) y el análisis proximal de las dietas experimentales se detallan en la TABLA I y II. Por su parte, la carga calórica se ajustó en función de kilocalorías de energía digestible por gramo (kcal de ED/g) calculada tomando como base los valores fisiológicos estándar para peces: proteína 3,5 kcal/g; lípidos 8,1 kcal/g y carbohidratos 2,5 kcal/g, junto al cálculo de la relación energía/proteína [31] (TABLA III).

Crecimiento y supervivencia: A medida que aumentó el nivel de proteína en la dieta, el incremento de peso (g) y longitud (cm), de los alevines *C. macropomum* ♂ x *P. brachypomus* ♀ fue ascendente a diferentes tasas según el tratamiento (TABLA IV). Resultados similares en peces de aguas cálidas, los reseña Vázquez-Vidal y col. [30] quienes al evaluar cinco niveles proteicos de inclusión en la dieta (18; 21; 24; 27 y 30%) concluyeron a través de herramientas estadísticas de correlación que, la exigencia de proteína cruda para el óptimo crecimiento de *C. macropomum* fue de 25,01%. En el caso de Vázquez-Torres y col. [28], al evaluar el incremento de proteína digestible (24 y 34%) en *Piaractus brachypomus* se demostró que dietas formuladas entre 27,7-30% de PC cubrieron el requerimiento proteico a favor de la tasa de creci-

TABLA I
COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES (g/100)

Ingrediente	Dietas experimentales				
	Niveles de proteína (%)				
	20	22	24	26	28 (*)
Harina de maíz amarillo	10,00	10,00	10,00	10,00	
Afrechillo de trigo	75,00	72,50	70,00	67,50	
Caseína	7,00	10,00	13,00	15,50	
Aceite de pescado	4,00	3,5	3,00	3,00	
Vitaminas	1,00	1,00	1,00	1,00	
Minerales	1,00	1,00	1,00	1,00	
Carboximetil-celulosa	2,00	2,00	2,00	2,00	
Total	100	100	100	100	

(*) Dieta comercial testigo. No especifica origen ni composición porcentual de las materias primas. Cachavit Vitalim 28% PC.

TABLA II
ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES Y TESTIGO (EN BASE SECA g/100)¹

Dieta	MS (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	CEN (%)	ELN (%)	NDT (%)
T1	98,10	19,97	5,06	7,74	5,52	61,71	76,99
T2	98,70	22,13	4,75	7,44	5,41	60,27	76,35
T3	98,63	24,15	4,83	7,13	5,37	58,52	76,75
T4	97,95	26,08	4,39	7,53	5,31	56,69	76,36
T5*	98,51	27,98	4,34	3,00	8,28	56,40	76,55
Desviación	0,33	3,16	0,30	2,01	1,29	2,29	0,27

¹ Metodología basada en Métodos Oficiales de COVENIN y AOAC. (*) Tratamiento testigo (balanceado comercial).

TABLA III
CARGA CALÓRICA Y RELACIÓN ENERGÍA/ PROTEÍNA EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES

Dieta	kcal de ED/g	Relación ED/PC ¹
T1	2,65	13,27
T2	2,66	12,02
T3	2,69	11,14
T4	2,69	10,31
T5	2,74	9,79
Desviación	0,04	1,39

¹ Relación teórica estimada de Energía Digestible calculada/proteína cruda formulada.

miento. Por su parte, Fernández y col. [11] en condiciones semejantes, reportaron que juveniles de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) alcanzaron la talla y peso esperado al recibir dietas al 26% de PC. Otro trabajo con *Colossoma macropomum* indicó que la respuesta productiva al alimentar los alevines al 25; 27; 29; 31 y 33% de PC, los mejores indicadores fueron arrojados por el grupo de peces alimentados con dietas ajustadas al 25-27% de PC, encontrando diferencias significativas ($P < 0,05$)

entre dietas en función a las variables ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CA) y relación de eficiencia proteica en alevines *C. macropomum* de $6,73 \pm 0,86$ g. Los mejores valores para GP se obtuvieron en los peces alimentados con 25; 27 y 33% de PC, con una alta diferencia significativa ($P < 0,05$), al analizar la CA, ésta no reportó diferencia significativa entre tratamientos, y el mayor valor para relación de eficiencia proteica fue registrado en los peces que consumieron la dieta formulada al 25% de PC [12]. Bajo los mismos criterios, al estudiar alevines *Piaractus mesopotamicus* con peso húmedo promedio $15,5 \pm 0,4$ g, Bicudo y col. [5] y Fernández y col. [11] concluyeron que, al incrementar el nivel de PC en la dieta, la variable GP se vio favorecida durante el ensayo. Sin embargo, los niveles proteicos superiores hasta 38% no resultaron en incremento de peso estadísticamente significativos ($P < 0,05$), sugiriendo al igual un porcentaje proteico entre el 26 y 28% de PC para atender las necesidades metabólicas de *P. mesopotamicus* y *C. macropomum*, respectivamente. La TABLA IV muestra valores correspondientes a otros parámetros considerados por la mayoría de investigadores dedicados a la nutrición de peces, en la misma se observa la tendencia de aumento en cada uno de los parámetros asociados al crecimiento de alevines *Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus*

TABLA IV
VARIABLES DE CRECIMIENTO PROMEDIO Y SUPERVIVENCIA DE ALEVINES DEL HÍBRIDO CACHAMAY
(*C. macropomum* ♂ x *P. brachypomus* ♀ x) EN ENSAYOS CON DISTINTOS NIVELES DE PROTEÍNA EN LA DIETA

Parámetro	Dietas experimentales				
	20% PC	22% PC	24% PC	26% PC	28 %PC
Peso inicial (g)	14,64 ± 0,45 ^d	14,67 ± 0,31 ^d	14,78 ± 0,03 ^c	14,84 ± 0,20 ^b	14,88 ± 0,03 ^a
Peso final (g)	20,11 ± 0,28 ^d	20,49 ± 0,22 ^d	22,76 ± 0,08 ^c	24,83 ± 0,27 ^b	25,44 ± 0,12 ^a
Longitud inicial (cm)	8,50 ± 0,54 ^b	8,50 ± 0,30 ^b	8,53 ± 0,27 ^b	8,51 ± 0,21 ^a	8,53 ± 0,17 ^a
Longitud final (cm)	9,74 ± 0,52 ^b	9,81 ± 0,61 ^b	9,90 ± 0,60 ^b	10,25 ± 0,62 ^a	10,74 ± 0,62 ^a
Ganancia diaria de peso (g) ¹	0,87 ± 0,02 ^d	0,92 ± 0,03 ^d	1,27 ± 0,02 ^c	1,59 ± 0,02 ^b	1,68 ± 0,02 ^a
Número inicial de alevines	40	40	40	40	40
Supervivencia (%) ²	100	100	100	100	100

¹ Ganancia diaria de peso= gramos totales alcanzados/tiempo de experimentación (d). ² % supervivencia= 100-[(peces vivos al inicio - peces vivos al final /peces vivos al inicio) x 100]. ^(*) Los valores mostrados son promedio por alevín por decena. Los datos seguidos por literales diferentes indican que los valores son estadísticamente diferentes (P <0,05) por la Prueba de ANOVA y Tukey.

brachypomus ♀ en función del incremento porcentual de proteína en la dieta. Las ganancias medias de peso comúnmente observadas en peces omnívoros comercialmente cultivados en la etapa de alevín, se ubican alrededor de 0,4 g/d para bagre de canal, 0,5 g/d para *C. macropomum*, carpa común y pacú [19]. Con respecto al parámetro incremento de peso medio (IPM), los peces alimentados con dietas al 20 y 22% de PC no se ajustaron al reporte citado [19], lo cual indica en un primer plano la no factibilidad de la oferta proteica ofrecida en alevines del híbrido Cachamay; el resto de tratamientos si se acomodaron a lo reportado [19]. En cuanto a la tasa específica de crecimiento (TEC), se han puntualizado una serie de resultados en diferentes especies que difieren significativamente entre sí. Se han reportado porcentajes desde 0,52 hasta 1,47 al evaluar el comportamiento productivo en *C. macropomum* alimentados al 14; 18; 22 y 26% de PC con 3.200 kcal ED/kg [15]. Otro ensayo reveló un intervalo de 1,47 ± 0,09 hasta 2,16 ± 0,05 para TEC al utilizar dietas semipurificadas para *Piaractus brachypomus*, y valores de 2,07 a 2,5% evaluando carbohidratos y lípidos en la misma especie [27]. En *Colossoma mitrei* se alcanzaron 1,44; 1,39 y 1,24 de TEC con el aumento en los niveles de PC al 26; 30 y 34%, respectivamente. Contrariamente, el valor de la TEC tuvo un aumento en el incremento del nivel energético de la dieta (1,31; 1,38 y 1,38) con 2.600; 3.000 y 3.400 kcal ED/kg en su orden [6]. El desempeño productivo de alevines del híbrido Cachamay, alimentados con dietas formuladas a diferentes niveles de proteína e isocalóricas (2,7 kcal ED/g), reportó un incremento significativo (P<0,05) en peso húmedo total y longitud estándar entre tratamientos al término del ensayo a medida que aumentó la oferta proteica en la dieta. Los tratamientos con concentración de 20 y 22% se consideraron estadísticamente iguales a la hora de algún efecto en el peso promedio de los alevines *C. macropomum* ♂ x *P. brachypomus* ♀. Semejante a estos resultados, Gutiérrez y col. [13] reportaron mayor GP con dietas al 25% de proteína y 2,7 kcal ED. Otros trabajos encontraron la mejor

respuesta en *Colossoma macropomum* con una alta proporción de proteína animal utilizando dietas isocalóricas formuladas a 2,85 kcal/g [9]. Finalmente, de acuerdo a los resultados recabados durante el ensayo, la desviación estándar calculada en la variable supervivencia, permite concluir que no hubo diferencia estadísticamente significativa (P<0,05) entre tratamientos, debido a que no se reportó mortalidad alguna durante el ensayo superada la etapa de aclimatación. Estos valores bien se asemejan a los discutidos por Bautista y col. [4].

Parámetros asociados a la utilización de alimento: El consumo de alimento (CAI), factor de conversión alimenticia (FCA), EA y la relación de eficiencia proteica (REP) son calculados para evaluar la asimilación orgánica del alimento (TABLA VI). Los peces mostraron alta voracidad y aceptación del alimento. Se observó un incremento en los valores del CAI, el cual ascendió con el nivel proteico. Aunado a esto, los animales aumentaron de peso y talla bajo una tendencia similar. Estos resultados son respaldados con otros autores [12, 13]. El FCA disminuyó a medida que aumentó el valor de proteína dietaria. Los valores obtenidos en este ensayo indican que la alimentación de alevines híbridos que consumieron las dietas de mayor porcentaje proteico (dieta formulada al 26% PC y el testigo), resultaron más eficientes y presentaron mejor rendimiento pues se encuentran por debajo de lo obtenido por Gutiérrez y col. [12]. Sin embargo, los otros tratamientos reportaron valores por encima del obtenido en otras evaluaciones similares [17], quienes al evaluar híbridos de Cachama (*Colossoma spp.* x *Piaractus spp.*) lograron valores de conversión alimenticia de 2,2:1. La conversión alimenticia en las dietas al 26% de PC (isoprotéicas) con la incorporación de pulpa ecológica de café ensilada, alcanzó un FCA de 3,01 ± 0,28 [4], valor éste inferior al obtenido en los tratamientos 1 y 2. El FCA representa un parámetro productivo importante, tomando en cuenta que mientras menor sea su valor, mejor es el aprovechamiento del alimento por parte del pez. Esto ocurrió con alevines de *Colossoma macropomum* que presentaron un valor para FCA de 1,07 ± 0,04 sin encontrar diferen-

TABLA V
**OTROS PARÁMETROS ASOCIADOS AL CRECIMIENTO DE ALEVINES x *Colossoma macropomum* ♂
 x *Piaractus brachyomus* ♀ ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PROTEÍNA CRUDA**

Parámetro	Dietas experimentales				
	20% PC	22% PC	24% PC	26% PC	28 %PC
IPM ¹	0,37 ± 0,04 ^d	0,39 ± 0,04 ^d	0,54 ± 0,05 ^c	0,67 ± 0,04 ^b	0,71 ± 0,05 ^a
TEC ²	0,50 ± 0,12 ^b	0,53 ± 0,17 ^b	0,69 ± 0,40 ^b	0,81 ± 0,10 ^a	0,85 ± 0,17 ^a
CA ³	1,24 ± 0,20 ^b	1,31 ± 0,23 ^b	1,37 ± 0,28 ^b	1,74 ± 0,22 ^a	2,21 ± 0,23 ^a
TCR ⁴	37,36 ± 0,05 ^b	39,70 ± 0,05 ^b	53,99 ± 0,05 ^b	67,38 ± 0,03 ^a	70,97 ± 0,04 ^a
IDL ⁵	0,0196 ± 0,04 ^b	0,0208 ± 0,03 ^b	0,0217 ± 0,03 ^b	0,0276 ± 0,04 ^a	0,0351 ± 0,03 ^a

¹ Incremento de peso medio (g). ² Tasa específica de crecimiento (%/d⁻¹). ³ Crecimiento absoluto (cm). ⁴ Tasa de crecimiento relativo (%).
⁵ Incremento diario de longitud (cm). ^(*) Literales diferentes indican que los valores promedio por grupo, son estadísticamente significativos (P<0,05) por la Prueba de ANOVA y Tukey.

TABLA VI
**INDICADORES DE EFICIENCIA EN LA UTILIZACIÓN DE ALIMENTO POR ALEVINES DEL HÍBRIDO CACHAMAY
 (*Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachyomus* ♀) ALIMENTADOS CON DIETAS ISOCALÓRICAS (2,7 kcal de ED/g)**

Parámetro	Niveles de proteína (%)				
	20	22	24	26	28
Consumo de alimento (g)	19,30 ± 2,37 ^d	19,55 ± 2,24 ^d	20,00 ± 0,84 ^c	21,68 ± 0,50 ^b	22,05 ± 1,33 ^a
Factor de conversión alimenticia	3,54 ± 0,19 ^a	3,36 ± 0,06 ^a	2,50 ± 0,02 ^b	2,17 ± 0,02 ^c	2,10 ± 0,01 ^c
Eficiencia alimentaria (%)	28,35 ± 1,52 ^d	29,79 ± 0,51 ^d	39,90 ± 0,29 ^c	46,11 ± 0,38 ^b	47,90 ± 0,21 ^a
Relación eficiencia proteica	1,45 ± 0,08 ^c	1,37 ± 0,02 ^c	1,69 ± 0,01 ^b	1,81 ± 0,01 ^a	1,74 ± 0,01 ^{a,b}

^(*) Literales diferentes indican que los valores promedio por grupo, son estadísticamente significativos (P<0,05) por la Prueba de ANOVA y Tukey.

cia significativa entre dietas al 25; 27; 29; 31 y 33% de PC e isocalóricas (2,7 kcal de ED/g) y el FCA se ubicó en 1,82 ± 0,19 [12]. Estos resultados permiten suponer que, posiblemente las dietas representaron una alternativa económica para reducir los costos en la alimentación de *C. macropomum*. Sin embargo, se esgrime que en trabajos donde la CA se muestra elevada, es debido a la pureza y calidad de las materias primas utilizadas en la formulación [13], tal y como ocurrió con alevines del híbrido Cachamay. La EA aumentó progresivamente en función del incremento proteico contenido en la dieta. En otro trabajo, los autores [32] indicaron que aumentando la PC en la dieta de 17 a 23% en juveniles de Yambú (*Brycon siebenthalae*), mejoró la EA, pero disminuyó considerablemente con valores superiores de PC. Éste comportamiento tiene implicaciones benéficas desde el punto de vista económico en la producción debido a que puede presentar mayor eficiencia en la utilización del alimento. En el caso del híbrido Cachamay, la tendencia probablemente resulte ser la misma con respecto a EA, pues en la mayoría de peces omnívoros la EA aumenta hasta un punto en el cual el porcentaje de proteína es extremadamente alto y lejos del requerimiento real de la especie. El parámetro REP, revela la GP húmedo del pez, en función de la proteína consumida. En el ensayo con alevines Cachamay, los valores se ubicaron en 1,81; 1,74; 1,69; 1,45 y 1,37 para los tratamientos al 26; 28; 24; 20 y 22% de PC, respectivamente. La REP es un indicador que no ha sido discutido en trabajos hechos con *Colossoma macropomum* previos al publicado por Gutiérrez y col. [12], en donde se reportó un des-

censo en el valor de REP a medida que se incrementó el nivel de proteína en la dieta, y a su vez, la más alta relación de eficiencia proteica fue hallada en los alevines alimentados con la dieta al 25% PC. Fue así como la REP resultó ser estadísticamente diferente (P<0,05) al ser comparada con las dietas formuladas al 29; 31 y 33% de PC. Finalmente, los alevines Cachamay, fueron más eficientes teóricamente en la dieta al 26% PC, pues la proteína consumida pudo ser convertida en tejido a una tasa de 1,81.

CONCLUSIONES

Los alevines de *Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachyomus* ♀ se adaptaron a las condiciones experimentales de cautiverio. Asimismo, aceptaron el alimento suministrado. El incremento de proteína en la dieta, favoreció significativamente (P<0,05) las variables asociadas al crecimiento, supervivencia e indicadores relacionados con el aprovechamiento del alimento. El uso de niveles dietarios de proteína superiores al 26% garantiza un óptimo crecimiento en alevines híbrido Cachamay. La dieta testigo fue utilizada como control de puesta para corroborar el buen estado fisiológico de los peces durante el ensayo por lo que no se consideró como un tratamiento exploratorio. La caseína ofrece un excelente perfil de aminoácidos, sin embargo el uso de la misma no resulta operativo en la formulación de dietas comerciales para peces, por ser un producto purificado con fines investigativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Instrumental, reactivos y técnicas de laboratorio. **Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales**. 18ª Ed. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid-España. 1.220 pp. 1992.
- [2] ARCE, E.; LUNA-FIGUEROA, J. Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. **Rev. Aqua TIC**. 7(18): 39-47. 2003.
- [3] ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Animal feed. **Official Methods of Analysis** (15ª Ed.). The Association. Washington DC., USA. 1018 pp. 1990.
- [4] BAUTISTA, E.; PERNÍA, J.; BARRUETA, D.; USECHE, M. Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido Cachamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). **Rev. Cientif. FCV-LUZ**. XV (1): 33-40. 2005.
- [5] BICUDO, A.; SADO, R.; CYRINO, J. Growth and haematology of Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. **Aquacult. Res**. 40:486-495. 2009.
- [6] CANTELMO, O. Níveis de proteína e energia em dietas para o crescimento do *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil. Tesis de Grado. Pp. 54. 1993.
- [7] COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (COVENIN). Alimento completo para peces. N°. 1885 - 85. Ministerio de Fomento. FONDONORMA. Caracas, Venezuela. 1985.
- [8] DAVID, C.; BRAVO, R. El manejo técnico del cultivo de la cachama. Fundación para el Fomento de la Iniciativa Empresarial FUNDAEMPRESA. 1era Ed. Bogotá, Colombia. 23 pp. 2004.
- [9] ECKMAN, R. Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 (Characoidei) feeding on artificial diets. **Aquacult**. 64: 293-303. 1987.
- [10] ESTÉVEZ, M. Alimento para peces. **Manual de piscicultura**. Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia. Ediciones USTA. Miembro ASEUC, Santafé de Bogotá, D.C.-Colombia. 231 pp. 2007.
- [11] FERNÁNDEZ, K.; CARNEIRO, D.; SAKOMURA, K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*). **Rev. Bras. Zoot**. 29 (3):646-653. 2000.
- [12] GUTIÉRREZ, F.; QUISPE, M.; VALENZUELA, L.; CONTRERAS, G.; ZALDÍVAR, J. Utilización de la proteína dietaria por alevinos de la Gamitana, *Colossoma macropomum*, alimentados con dietas isocalóricas. **Rev. Peru. Biol**. 17(2):219-223. 2010.
- [13] GUTIÉRREZ, F.; ZALDÍVAR, J.; CONTRERAS, G. Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de Gamitana (*Colossoma macropomum*) Cuvier 1818. **Rev. Inv. Vet. del Perú**, 20 (2): 178-186. 2009.
- [14] LOVEL, T. Feed formulation and processing. **Nutrition and feeding of fish**. Kluwer Academic Publishers. 2nd Ed. Massachusetts, USA. Pp 147-152. 1998.
- [15] MACEDO-VIEGAS, E.; CASTAGNOLLI, N.; CARNEIRO, D. Níveis de proteína bruta em dietas para o crescimento do Tambaquí, *Colossoma macropomum*, Cuvier 1818 (Pisces, Characidae). **Rev. UNIMAR** 18 (2):321-333. 1996.
- [16] MINISTRY OF AGRICULTURE (MAFF). Fisheries and Food. The fertilizers and feedingstuffs regulations 1973, S.I. 1973 No. 1521, HMSO, London, 98 pp. 1973.
- [17] MORA, S.; DOMÍNGUEZ, K.; HERNÁNDEZ, A. Jaulas flotantes para la explotación piscícola de reservorios acuáticos en propiedades agropecuarias. En: **III Encuentro Nacional de Acuicultura**. Universidad Nacional Experimental del Táchira. San Cristóbal. 15-18/2 Venezuela. (Memorias). 94 pp. 1995.
- [18] MORILLO, M.; VISBAL, T.; RIAL, L.; OVALLOS, F.; AGUIRRE, P.; MEDINA, A. Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythina edulis* y soya. **Intercien** 38(2):1-7. 2013.
- [19] NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Dietary requirements. **Nutrient Requirements of Fish**. Committee on Animal Nutrition. Board Agriculture. Washinton, D.C.-USA. 114 pp. 1993.
- [20] NOESKE, T.; SPIELER, R. Circadian feeding time effects growth of fish. **Transact of the Amer Fisheries Soc**, 113:540-544. 1984.
- [21] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. En línea: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727s.pdf>. 19/04/2014.
- [22] OSBORNE, D.; VOOGT, P. Methods for the analysis of nutrients in foods. **The analysis of nutrients in foods**. Academic Press, London, U.K. 240 pp. 1978.
- [23] PADILLA, F.; CUESTA, A. Piscicultura. **Zoología aplicada**. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid-España. Pp 309-324. 2003.
- [24] RAMÍREZ, D. Harina de lombriz como alternativa en la alimentación de alevines del híbrido Cachamoto (*Colossoma macropomum* ♂ x *Piaractus brachypomus* ♀). Universidad de Oriente Núcleo Anzoátegui. Barcelona-Venezuela. Tesis de Grado. 94 pp. 2009.

- [25] STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. (SAS), Versión 9. User's Guide. University North of Caroline, USA. 584 pp. 2002.
- [26] TACÓN, A. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados: Manual de capacitación. 1989. Programa Cooperativo Gubernamental. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Brasil. En línea: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S00.htm#TOC>. 08.05.2013.
- [27] VÁSQUEZ-TORRES, W. Determinação das exigências de proteína, gordura e carboidratos em dietas para crescimento de juvenis de pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (CUVIER 1818). Programa de pós-graduação em Biología Tropical e Recursos Naturais. Manaus-AM, Universidade de Amazonas. Tese Doutorado. 89 pp. 2001.
- [28] VÁSQUEZ-TORRES, W.; HERNÁNDEZ-ARÉVALO, G.; GUTIÉRREZ-ESPINOSA, M.; YOSSA, M. Efecto del nivel de proteína dietaria sobre el crecimiento y parámetros séricos en cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). **Rev. Colomb. Cien. Pec.** 25:450-461. 2012.
- [29] VÁSQUEZ-TORRES, W.; PEREIRA-FILHO, M.; ARIAS-CASTELLANOS, J.A.; SQUEZ-TORRES, W.; PEREIRA-FILHO, M.; ARIAS-CASTELLANOS, JA. Estudos para composição de uma dieta referencia semi-purificada para avaliação de exigências nutricionais em juvenis de Pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). **Rev. Brasil. Zoot.** 31:283-292. 2002.
- [30] VÁSQUEZ-VIDAL, M.; LOPES, J.; DA SILVA-CAMARGO, A.; ANDRADE, D.; DOS SANTOS, L. Níveis de proteína bruta para Tambaqui (*Colossoma macropomum*), na fase de 30 a 250 gramas. 1. Desempenho dos tambaquis. **Rev. Brasil. Zoot.** 27:421-426. 1998.
- [31] WILSON, R.P. Energy relationships in catfish diets. In: **Nutrition and feeding of channel catfish**. Stickney, R.R. and Lovell, R.T. (Eds.). Southern Cooperative Series. Bull. 218 pp. 1977.
- [32] YUDY, M.; LÓPEZ, O.; VÁSQUEZ, T.; WILLS, F. Evaluación de diferentes proporciones de energía/proteína en dietas para juveniles de Yambú, *Brycon siebenthalae* (Eigenmann, 1912). Universidad de los Llanos. Villavicencio-Colombia. **Rev. Orinoquia** (001): 64-76. 2004.